

ANNÉE 1956

THÈSE

POUR LE

N°
42

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

Monsieur Raphaël **FENART**

né le 15 juillet 1928 à LA CHAPELLE d'ARMENTIÈRES (Nord)

Présentée et soutenue publiquement le 19-1-1956

**DÉVELOPPEMENT
DU PLEXUS BRACHIAL
CHEZ L'EMBRYON HUMAIN**

Président M^r A. DELMAS, Professeur

ANNÉE 1956

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

Monsieur Raphaël FENART

né le 15 juillet 1928 à LA CHAPELLE d'ARMENTIÈRES (Nord)

Présentée et soutenue publiquement le 19-1-1956

**DÉVELOPPEMENT
DU PLEXUS BRACHIAL
CHEZ L'EMBRYON HUMAIN**

Président M^r A. DELMAS, Professeur



FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Nom du candidat : F E N A R T

Prénom.....: Raphaël

Date de la soutenance

N° d'ordre.....

1

FENART (Raphaël).-
Développement du
Plexus Brachial chez
l'embryon humain.
Ed. du Nord-Rue d'An-
gleterre Lille 1956
in 4°-105p., 24 pl.
h.t. (Th.méd.(Et.).
Paris 1956
N°)

2

FENART (Raphaël).-
Développement du
Plexus Brachial chez
l'Embryon humain.
Ed. du Nord-Rue d'An-
gleterre Lille 1956
in 4°-105p., 24 pl.
h.t. (Th.méd. (Et.).
Paris 1956
N°)

3

FENART (Raphaël).-
Développement du
Plexus Brachial chez
l'embryon humain
Ed. du Nord-Rue D'an-
gleterre Lille 1956
in 4°-105p., 24 pl.
h.t. (Th.méd.(Et.).
Paris 1956
N°)

4

FENART (Raphaël).-
Développement du
Plexus Brachial chez
l'embryon humain
Ed. du Nord-Rue d'An-
gleterre Lille 1956
in 4°-105 p., 24 pl.
h.t. (Th.méd. (Et.).
Paris 1956
N°)

I-10-55

DOYEN HONORAIRE :
M. BAUDOUIN,

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. BAUDOUIN, BENARD (H.), CADENAT, CHABROL, CHAMPY, CARNOT
CHEVASSU, DELBET, DONZELOT, GASTINEL, GUILLAIN, HALPHEN,
HARVIER, LAROCHE (G.), LAUBRY, LEMAITRE, LEMIERRE, LEVY-
SOLAL, LHERMITTE, LIAN, LOEPER, MARION, MATHIEU, MOCQUOT,
MONDOR, MULON, OLIVIER (E.), OMBREDANNE, SANNIE, SEZARY,
TANON.

DOYEN Léon BINET
membre de l'Institut
ASSESEUR..... Jean VERNE.

I.- PROFESSEURS

MM.

Anatomie.....CORDIER (G.)
Anatomie pathologique.....DELARUE (A.)
Bactériologie.....N.
Biologie appliquée à l'Education
physique et aux Sports.....CHAILLET-BERT (P.)
Biologie médicale.....VERNE (J.)
Cancérologie médicale et sociale.....N...
Carcinologie.....OBERLING (C.)
Chimie médicale.....JAYLE (M.F.)
(Hôtel-Dieu.....BROCQ (P.)
Cliniques chirurgicales)Broussais... DE GAUDART-D'ALLAINES(F)
(Salpêtrière.....N...
)Cochin.....QUENU (J.)
Clinique chirurgicale réparatrice
et orthopédique.....MERLE-D'AUBIGNE (R.)
Clinique de cardiologie.....MOUQUIN (M.)
Clinique de chirurgie infantile et
d'orthopédie.....FEVRE (M.)
Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire... MONOD (R.)
Clinique de la tuberculose.....BERNARD (E.)
Clinique de neuro-chirurgie.....PETIT;DUTAILLIS (D.)
Clinique de puériculture.....LELONG (M.)
Clinique des maladies cutanées
et syphilitiques.....DEGOS (R.)
Clinique des maladies du sang.....CHEVAMIER (P.)
Clinique des maladies du système nerveux.. ALAJOUANINE (T.)
Clinique des maladies des enfants.....DEBRE (R.)
Clinique des maladies infectieuses.....MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et
de l'encéphale.....DELAY (J.)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552424_0002

Clinique gynécologique	FUNCK-BRENTANO (P.)
(Hôtel-Dieu	N...
Cliniques médicales) Bichat.....	N....
(Cochin.....	MOREAU (R.)
(Broussais.....	DE GENNES (L.)
Clinique médicale d'hydro-climatologie thérapeutique.....	JUSTIN-BESANCON (L.)
Clinique médicale propédeutique.....	PASTEUR-VALERY-RADOT (L.)
Clinique médico-sociale du diabète et des maladies de la nutrition.....	BOULIN (R.)
(Tarnier.....	LANTUEJOUL (P.)
Cliniques obstétri-) Baudelocque.....	N...
cales. (Port-Royal.....	LACOMME (M.)
Clinique ophtalmologique.....	VELTER (E.)
Clinique oto-rhino-laryngologique.....	AUBIN (A.)
Clinique physio-pathologique des problèmes alimentaires.....	RICHET (C.)
Clinique psychiatrique infantile.....	HEUYER (C.)
Clinique rhumatologique et sociale.....	COSTE (F.)
Clinique stomatologique.....	DECHAUME (M.)
Clinique thérapeutique chirurgicale....	SENEQUE (J.)
Clinique thérapeutique médicale.....	LEMAIRE (A.)
Clinique urologique.....	FEY (B.)
Embryologie.....	G.I. ROUD (A.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie.....	N...
Histologie	N...
Hygiène et clinique de la première enfance.....	CATHALA (J.)
Hygiène et médecine préventive.....	JOANNON (C.)
Médecine du travail.....	DESOILLE (H.)
Médecine légale.....	PIEDELIEVRE (R.)
Parasitologie et histoire naturelle médicale.....	GALLIARD (H.)
Pathologie chirurgicale.....	MENEGAUX (G.)
Pathologie exotique.....	LAVIER (G.)
Pathologie expérimentale et comparée...	LENEGRE (J.)
Pathologie humorale et immunologie expérimentale (chaire à titre personnel)	MERKLEN (F.P.)
Pathologie médicale.....	BARIETY (M.)
Pathologie et thérapeutique générales.	GARCIN (J.)
Pédiatrie sociale.....	MARIE (J.)
Pharmacologie et matière médicale.....	HAZARD (R.)
Physico-chimie médicale (chaire à titre personnel).....	DOGNON (A.)
Physiologie.....	BINET (L.)
Physique médicale.....	STROHL (A.)
Radiologie médicale.....	DESGREZ (H.)
Technique chirurgicale.....	MOULONGUET (P.)
Thérapeutique.....	TURPIN (R.)
Génétique médicale.....	LAMY (M.)

II.- PROFESSEURS SANS CHAIRE
MAITRES DE CONFERENCES-AGREGES et AGREGES

Anatomie.....	DELMAS (A.)Pr.s.ch. DEBEYRE (J.) OLIVIER (G.) N...
Anatomie pathologique.....	GAUTHIER-VILLARD(Mlle P.) Pr.s.ch. BUSSE (F.) GOUYGOU (Ch.)
Bactériologie.....	NEVOT (A.) N...
Biochimie médicale.....	ETTORI (J.)Pr.s. ch. N... N...
Biologie médicale.....	BOURLIERE (F.)
Dermato-syphiligraphie.....	DUPERRAT (F.)
Embryologie.....	TUCHMANN
Histologie.....	BULLIARD (H.)Pr.s.ch. N... N...
Hygiène.....	BOYER (J.)pr.s.ch. DEPARIS (M.)pr.s.ch. N...
Maladies infectieuses.....	N...
Médecine légale et du travail....	DEROBERT (L.)pr.s.ch. GAULTIER (M.) HADENGUE (A.) N...
Neurochirurgie.....	DAVID (M.)
Neurologie.....	N...
Obstétrique.....	GRASSET (J.) LEPAGE (F.) MERGER (R.) MORIN (P.) RAVINA (J.) N... N...
Ophtalmologie.....	DESVIGNES (P.) N...
Orthopédie.....	JUDET (R.)
Oto-rhino-laryngologie.....	AUBRY (M.) MADURO (R.)
Parasitologie.....	CHABAUD (A.) N...
Pathologie chirurgicale.....	ABOULKER (P.) BAUMANN (J.) GOSSET (J.) LAURENCE (G.)
Hydrologie.....	N...

	MM.
Pathologie chirurgicale.....	LORTAT-JACOB (J.)
	OLIVIER (Cl.)
	Poilleux (F.)
	VERNE (J.M.)
	N....
	N....
	N....
	N....
	N....
	N....
	N....
Pathologie expérimentale.....	N....
	N....
Pathologie médicale.....	BERNARD (J.)
	BOUDIN (G.)
	CASTAIGNE (P.)
	CONTE (M.)
	DOMART (A.)
	LAMOTTE (M.)
	LAROCHE (Cl.)
	MILLIEZ (P.)
	PEQUIGNOT (H.)
	PERRAULT (M.)
	RAMBERT (P.)
	THIEFFRY (St.)
	TURIAF (J.)
	N....
	N....
	N....
	N....
	N....
	N....
	N....
Pédiatrie.....	JOSEPH (R.)
	N....
	N....
Pharmacologie.....	Cheymol (J.)pr.s.ch
	Levy (Mlle J.) "
Physiologie.....	Barjeton (D.) "
	Parrot (J.) "
	DEJOURS (P.)
Physique médicale.....	DJOURNO (A.)pr.s.ch
	GOUGEROT (L.)
Pneumo -Phtisiologie.....	KREIS (B.)
Psychiatrie.....	N....
Psychiatrie infantile.....	MICHAUX (Z.)
Rhumatologie.....	N....
Stomatologie.....	CHAPUT (Mme A.)
	CERREA (P.)
Thérapeutique.....	N....
Urologie.....	KUSS (R.)

III. PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGREGES

CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent

Clinique chirurgicale.....	AMELINE (A.) HUGUIER (J.) LEGER (L.) PADOVANI (P.) PATEL (J.) ROUX (M.) RUDLER (J.C) SICARD (A.)
Clinique médicale.....	BROUET (G.) N... DECOURT (J.) DREYFUS (Gilbert) FAUVERT (R.) Haguenau (M.)pr.s.ch. HAMBURGER (J.) KOURILSKY (R.) MARCHAL (G.) SOULIE (E.)
Clinique obstétricale.....	ESCALIE (G.) MAYER (M.) VARANGOT (J.)
Clinique ophtalmologique.....	OFFRET (G.) RENARD (G.)
Clinique urologique.....	COUVELAIRE (R.)

Secrétaire général de la Faculté.....	M. MOREL (J.)
Secrétaire	Mlle CHAINTREUIL (G.)

Conservateur, chargé de la Direction.	M.le Docteur HAHN(A.)
Conservateur.....	Mlle GOICHON
Bibliothécaires.....	Mlles DUMAITRE (P.) LAURENT (H.),LENOIR (G.),QUIEVREUX (E.)

TRAVAIL DU LABORATOIRE DES TRAVAUX ANATOMIQUES

DE LA

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

PROFESSEUR A. DEIMAS

ET

DES LABORATOIRES D'ANATOMIE

DES PROFESSEURS MINNE ET DELATTRE

A MON PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur André DELMAS

Chef des Travaux Anatomiques
à la Faculté de Médecine de Paris.

Il a bien voulu m'inspirer le
sujet de cette thèse, m'a donné la
possibilité de la mener à bonne fin
et m'a fait l'honneur de bien vou-
loir la présider.

Qu'il me soit permis de lui
exprimer ici ma plus profonde re-
connaissance.

A MES JUGES

A la mémoire de Monsieur le Professeur Henry BILLET

Il a su, le premier, m'initier
à la voie difficile qu'est l'anato-
mie.

J'ose croire que, de son vivant,
il eut été heureux de voir ses théo-
ries confirmées.

A MON MAITRE

Monsieur le Professeur Antoine DELATTRE
Doyen de la Faculté Libre de Médecine
de Lille

Il a bien voulu, depuis quatre
années, me faire l'honneur de colla-
borer à ses recherches, et me par-
rainer dans mon travail pour la
" Recherche Scientifique ".

Qu'il me soit permis, en des
mots trop brefs, de lui exprimer
toute la reconnaissance dont je lui
suis redevable.

A Monsieur le Professeur agrégé Georges OLIVIER

Il a dirigé l'élaboration de
cette thèse et m'a associé à d'au-
tres travaux.

Je le remercie bien vivement
de son aide, de ses encouragements
et de ses conseils.

A Monsieur le Professeur Jean MINNE

Professeur d'Anatomie à la Faculté
de Médecine de Lille

En remerciement de l'accueil
si bienveillant qu'il m'a réservé
dans son laboratoire.

A MON EPOUSE

Je lui dédie cet ouvrage, à
elle qui a bien voulu comprendre
la valeur des satisfactions appor-
tées par le travail de recherche.

A MES PARENTS

A MES BEAUX-PARENTS

A TOUS MES AMIS

S O M M A I R E

- Préambule
- Introduction
- Historique
 - A- Travaux portant sur des embryons humains
 - 1- His
 - 2- Bardeen et Lewis
 - 3- Muller, Elze, Huber
 - 4- Requena
 - B- Travaux portant sur des embryons de Mammifères
 - 1- Patten
 - 2- Miller et Detwiler
- Techniques
- Matériel d'étude

CHAPITRE I.- ETUDE ANALYTIQUE DES PLEXUS.

- I- Embryon de 6 mm
 - A- Etude de la pièce en tant qu'origine des nerfs rachidiens.
 - B- Etude de la pièce en tant que plexus primitif.
 - a) Origines
 - b) Plexus
 - c) Comparaisons
- 2- Embryon de 7,5 mm
 - a) Origines
 - b) Plexus
 - c) Comparaisons
- 3- Embryon de 9 mm
 - a) Origines
 - b) Plexus
 - c) Nerfs du membre supérieur
 - d) Comparaisons

- 4- Embryon de 11 mm
id.
- 5- Embryon de 13,5 mm
id.
- 6- Embryon de 15 mm
- 7- Embryon de 17 mm
id.
- 8- Embryon de 27 mm
id.

CHAPITRE II.- ETUDE GENERALE DU PLEXUS BRACHIAL EMBRYONNAIRE.

I- Origines

A- Racines

- 1- Racines antérieures
- 2- Racines postérieures

B- Les nerfs mixtes

- 1- Distribution
- 2- Importance
 - a) suivant l'âge
 - b) suivant le nerf considéré
- 3- Anastomoses avec le sympathique
- 4- Branches

II- Le plexus

I- Evolution constitutionnelle

- Stade initial 6 mm
- Second stade 7,5 mm
- Troisième stade 9 mm
- Quatrième stade 13,5 mm
- Cinquième stade 27 mm

2- Evolution morphologique

- a) Dans le sens crânio-caudal
 - forme du plexus
 - dimensions du plexus et résultats.
- b) Dans le sens transversal

III- Branches du plexus

- I- Branches collatérales
- 2- Branches terminales

CHAPITRE III.- APPLICATION A L'ADULTE.

I- Rappel historique

- A- ceux qui ont décrit le plexus comme
2 X et I Y.
- B- ceux qui n'ont considéré que le nombre
de troncs primaires.
 - I- trois troncs primaires
 - 2- deux troncs primaires
 - 3- Jachimowicz
 - 4- Billet

II- Notre conception du plexus adulte

- type I
 - type II et conclusions
 - Résumé et conclusions
 - Bibliographie
-

" Je connais peu de choses aussi difficiles à comprendre et à expliquer que le plexus brachial.

Sebileau P. (1)

Nombreux sont les auteurs depuis Vieussens jusqu'aux anatomistes modernes, qui ont eu leur conception propre du plexus brachial.

Sebileau a reconnu la difficulté de cette étude et s'exprime en des termes qui ont été placés en exergue.

Au cours de ce travail, j'utiliserai, ainsi que le dit Von Baer, l'embryologie : " vrai flambeau des études sur les corps organisés " (2) pour éclairer le problème de la constitution du plexus brachial de l'adulte.

(1) Démonstration d'anatomie I.892 ,p.267

(2) Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere, t.I, p.231

I N T R O D U C T I O N

Ce travail s'en tient à l'étude des stades les plus jeunes du développement embryonnaire du plexus brachial, car seuls ceux-ci sont à même de fournir des renseignements utiles.

Je n'entrerai pas dans le détail des rapports avec les ébauches squelettiques, les myotomes, les muscles, etc... non plus que des relations avec le sympathique.

Après un historique, et un rappel des techniques et du matériel utilisés, un premier chapitre montrera que les embryons, considérés par ordre de taille croissante, arrivent très tôt à posséder un plexus brachial bien organisé. Celui-ci après un stade massif et indifférencié, possédera essentiellement deux troncs primaires.

Puis dans une synthèse des divers stades étudiés, un second chapitre expliquera comment le plexus s'organise, voit sa forme varier : de quadrilatère, devenir triangulaire, et comment il se déplace dans son ensemble en s'écartant de la ligne médiane.

Enfin, dans un troisième et dernier chapitre, ces résultats seront confrontés aux descriptions diverses

données du plexus brachial par différents auteurs.

Il ressortira, à la lumière des faits embryologiques, que la meilleure description du plexus brachial adulte, se rapproche fort de celle qui a été proposée en 1933, à l'Association des Anatomistes, par mon regretté Maître le Professeur Henry BILLET.

Je remercie vivement Monsieur le Professeur A. DELMAS de m'avoir invité à confirmer embryologiquement les résultats de Monsieur H. BILLET, et de m'avoir fourni le matériel nécessaire pour mener ce travail à bonne fin.

Je remercie également Monsieur le Professeur G. CORDIER qui a ouvert pour Monsieur le Professeur OLIVIER et pour moi, la collection ROUVIERE; et Monsieur le Professeur J. MINNE qui m'a autorisé à effectuer des reconstructions dans son laboratoire.

Monsieur le Professeur G. OLIVIER sait bien la reconnaissance que je lui dois pour m'avoir puissamment aidé et dirigé tout au long de ces recherches.

H I S T O R I Q U E

La croissance du plexus brachial, considérée au point de vue organogénique, a été fort peu étudiée. De nombreux embryologistes se sont penchés sur la toute première origine du système nerveux périphérique, depuis le moment où la gouttière médullaire primitive se referme, jusqu'à celui où le ganglion rachidien se trouve en place; le nerf mixte a alors reçu ses racines antérieure et postérieure, et se trouve formé. Certains auteurs se sont occupés de suivre les destinées ultérieures de ce nerf rachidien, sa division en branches, et ses rapports avec l'évolution du sympathique et des myotomes. Mais peu se sont préoccupé de savoir comment ces nerfs se groupaient pour évoluer ensemble en un plexus (au niveau qui nous intéresse), et de voir au-delà du seul plan de la coupe microscopique. En bref, il y eut beaucoup d'embryologistes, mais peu d'organogénistes pour reprendre l'étude à partir du stade où les premiers l'avaient laissée. C'est la raison pour laquelle ce travail, bien que constamment à la limite de l'embryologie aura un caractère purement anatomique : descriptif et explicatif.

Les travaux sur la croissance du plexus brachial pour peu nombreux qu'ils soient, n'en sont que plus

importants à signaler, et afin de donner au présent travail un caractère homogène, tous les plexus brachiaux embryonnaires antérieurement connus seront figurés le plus fidèlement possible. Le lecteur pourra ainsi se faire une idée, la plus juste, de ces formations en intégrant ces cas à ceux qui lui seront proposés ensuite.

Des études ont été faites d'une part chez l'embryon humain, et d'autre part chez les embryons des mammifères, d'où la subdivision de ce paragraphe.

A- TRAVAUX PORTANT SUR DES EMBRYONS HUMAINS

Les plexus brachiaux humains déjà connus antérieurement, sont à notre connaissance, répartis entre 4 groupes d'auteurs qui seront cités par ordre chronologique.

I- WILHEM HIS .-

Dans un ouvrage paru en 1888 (1) HIS étudie le système nerveux embryonnaire chez l'Homme, et propose, deux reconstructions de plexus brachial embryonnaire, (figure I) répondant respectivement à 6,9 et à 10,2 mm (Nuque-coccyx, alors que les embryons des autres auteurs et les nôtres, sont notés en vertex-coccyx). Ils sont âgés approximativement de 28 et de 32 jours, ce qui correspond à une longueur vertex coccyx de 6 et de 9 mm environ.

Le premier (6,9 N.C) offre une série de ponts entre les nerfs rachidiens : C5, C6, C7, C8 et DI avec une anastomose en C4.

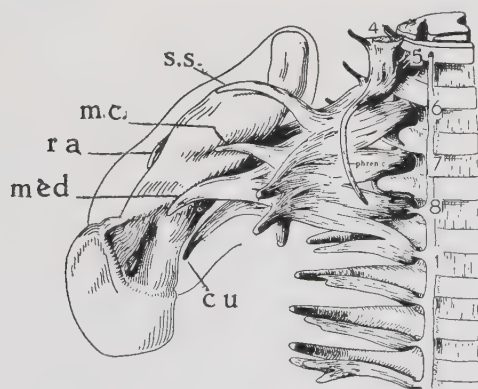
Le second (10,2 N.C.) possède les mêmes anastomoses que le précédent mais semble subdivisé dans sa partie haute en deux plans : interne et externe que le dessin n'objective pas parfaitement. De plus, le plexus a une allure schématique tronculaire alors qu'à ce stade existerait plutôt une lame compacte et fenestrée. D'après le dessin de His, le plexus semble donner 5 branches.

(1) Zur Geschichte des Gehirns sowie der centralen und peripherische Nervenbahnen. Beim Menschlichen Embryo. Des XIV bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischenklasse der Wissenschaften n°7, Leipzig- 1888.

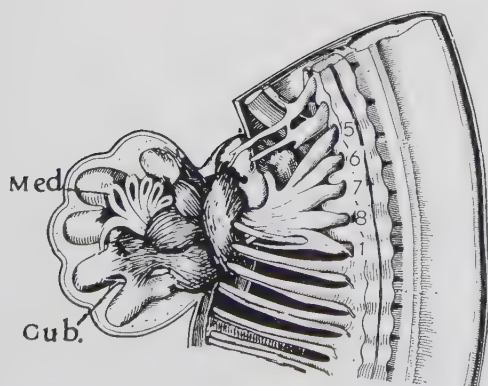


Figure 1

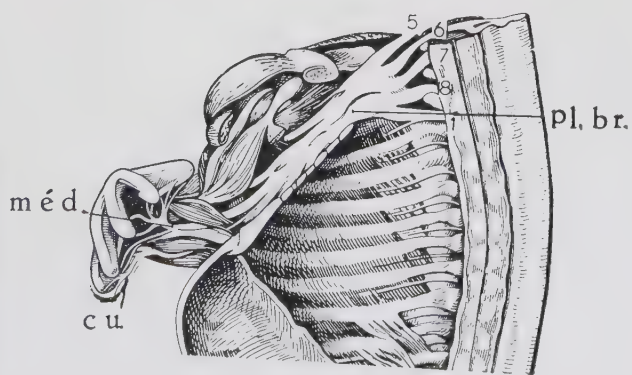
Embryons de W. His. — De gauche à droite : 6,9 et 10,2 mm. (N.C.).



9



11



20

Figure 2

Embryons de LEWIS : 9 mm., 11 mm. et 20 mm.

Nous préférons ne pas interpréter davantage les reproductions du savant embryologiste, en demandant au lecteur de bien vouloir se reporter à la figure.

2 - BARDEEN & LEWIS

En 1901- 1902, ces auteurs ont été les premiers, après His, à présenter des reconstructions de plexus embryonnaires, et il semble bien que la paternité du plexus brachial doive être attribuée à LEWIS.

LEWIS a étudié plusieurs stades : 5, 7, 9, 11, 16 et 20 mm, mais n'a reconstitué que les quatre derniers, et n'en figure que trois (9, 11 et 20 mm).

Par ordre de croissance, les résultats proposés par cet auteur sont les suivants :

- 5 mm ..." Les quatre derniers cervicaux et le premier thoracique sont à la racine du membre "...
" Le premier début du plexus brachial est représenté sous la forme d'anastomoses entre les nerfs qui se terminent en brosse "...

- 7 mm ... " Les nerfs s'étendent plus loin dans le membre qu'au stade précédent "...

- 9 mm (Figure 2) ... " Le plexus brachial est formé par la division ventrale des 4, 5, 6, 7, et 8 ème nerfs cervicaux et du premier thoracique. La principale portion du plexus forme une nappe continue de tissu nerveux dans laquelle on ne peut distinguer que des indications de 3 troncs "...

..." Il y a une lame de division dorsale .. et.. une lame de division ventrale partiellement divisée en 2 parties qui représentent probablement les troncs : externe et interne.

L'externe donne le sus-scapulaire, le musculo-cutané et le médian.

L'interne : le cubital "...

..." le plexus passe latéralement dans le bras sans aucune inclinaison caudale ".

- II mm (figure 2)..." La taille énorme des nerfs cervicaux inférieurs attire de suite l'attention"... "La partie principale du plexus a une très légère inclinaison postérieure "... "Les 5,6,7, 8èmes cervicaux et le premier thoracique forment le plexus sans anastomose de C4 "....

..." La portion principale du plexus forme une lame continue dans laquelle on peut voir une indication de 3 troncs "...." C5 et C6 s'unissent avant de rejoindre les autres et donnent le sus-scapulaire "... " C8 et D1 s'unissent aussi avant de joindre le plexus "...

..." La lame formée par les 5 nerfs se clive bientôt en une division ventrale et une autre dorsale "...

Suit alors l'énumération des branches analogues à celles que nous décrirons, et de leurs origines probables.

- I6 mm ..." Le plexus a une inclinaison caudale, sa division en ses différents troncs est plus accusée..."

- 20 mm (figure 2) ..." Le plexus brachial a une inclinaison franchement postérieure et semble avoir été "poussé" contre la première côte. Les 3 troncs sont si près les uns des autres qu'il est impossible de les séparer de façon satisfaisante bien qu'il y ait indication des troncs. Il n'y a rien de particulier dans la distribution des nerfs moteurs ou sensitifs du plexus, qui ne soit présent chez l'adulte"....

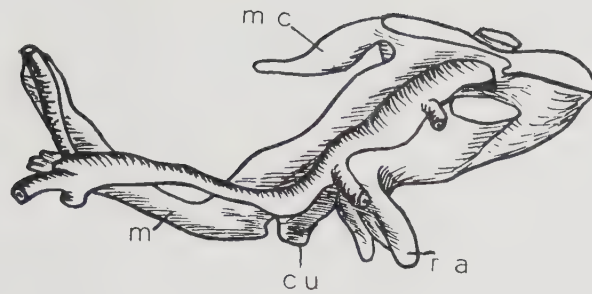


Figure 3

Reconstruction, par MULLER, des branches terminales du plexus d'un embryon de 16,2 mm. et de leurs rapports avec l'artère du membre. — (Vue postérieure du côté gauche).

m c. — Musculo-cutané.

m. — Médian.

c u. — Cubital.

r a. — Radial.

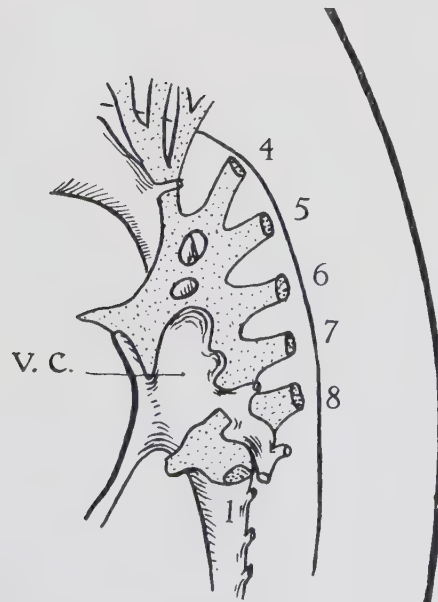


Figure 4

Reproduction du plexus de l'embryon de Elze, de 7 mm. montrant les rapports antérieurs de celui-ci avec la veine cardinale antérieure (V. C.) dans laquelle se jettent les veines du membre supérieur.

3 - MULLER, ELZE, HUBER

Il convient ici de rappeler les travaux de plusieurs auteurs allemands qui, au début du siècle, ont reconstitué des plexus embryonnaires humains, moins pour les étudier en eux-mêmes, que pour rechercher les rapports entre les structures nerveuses embryonnaires, et les formations vasculaires, notamment artérielles.

MULLER en 1903, étudie 3 embryons : II,7- I4 et I6,2 mm. A propos du dernier, il figure les branches terminales du plexus par rapport aux vaisseaux qui les accompagnent (voir figure 3).

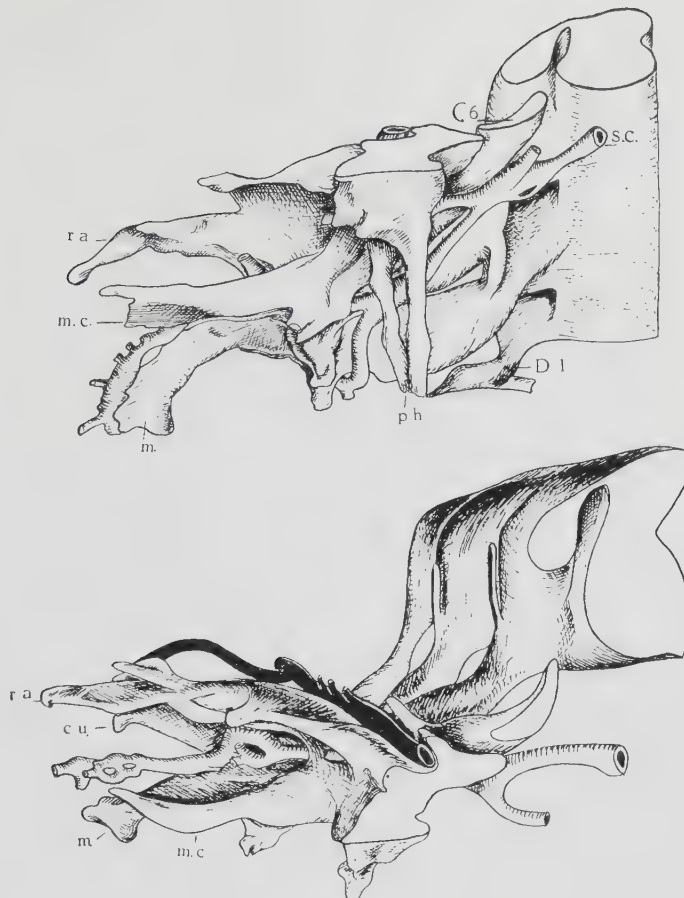
ELZE en 1907 a reconstruit, entr'autres, des embryons de 7 -8 -et 9,5 mm.

Le 7 mm a été figuré par l'auteur, et reproduit dans le Keibel et Mall (édit.1911,t.2, p.591).

Ce plexus (voir figure 4) est proche de notre 6 mm par sa structure, mais semble un peu plus évolué. Il prend naissance dans C5, C6, C7, C8 et DI.. Il s'anastomose avec C4. Il possède deux oeillets à la réunion de C4 et C5 et, fait important, on retrouve également les rapports veineux que je signale plus loin, à savoir l'existence en avant de la "chaîne anastomotique "(I) du plexus, d'une veine qui tend à l'entourer en le contournant par l'extérieur (veine cardinale antérieure), et qui reçoit en bas, la veine principale du membre supérieur.

A ce stade, l'artère n'est pas encore arrivée à atteindre le plexus, alors que notre 6 mm possède une artère qui chevauche C7.

(I) La chaîne anastomotique sera définie à propos de notre 6 mm.



Plexus d'un embryon de 9 mm., par ELZE.

En haut : figure 5, vue antérieure. (S.C. = sous-clavière).

En bas : figure 6, vue supérieure. (En noir : veine rétro-nerveuse).

Le plexus a été amputé de sa partie haute (C. 5) et d'une portion de sa partie basse (D 1). Ces figures doivent être comparées respectivement aux figures 22 et 24.

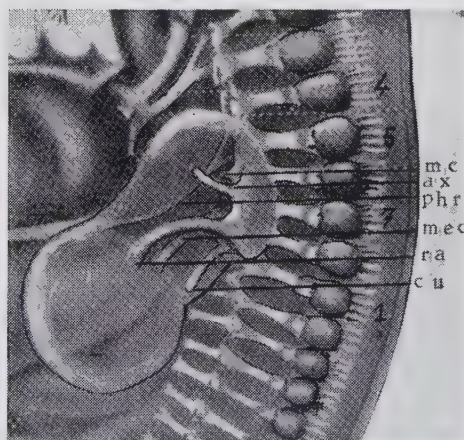


Figure 7

Reproduction agrandie de la figure donnée par HUBER, d'un plexus brachial d'embryon de 10 mm. On aperçoit en outre le phrénique (Phr.).

Le 8 mm n'a pas été figuré à notre connaissance et ELZE étudie le lieu de perforation du plexus par l'artère.

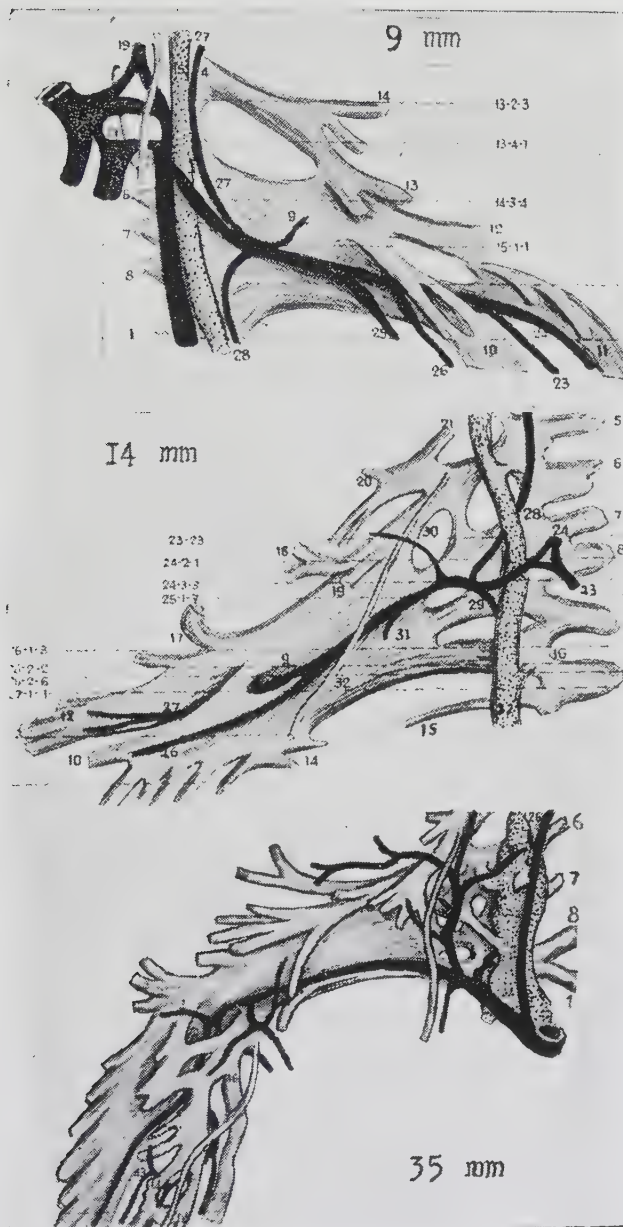
Le 9,5 mm a été représenté de face (fig.5) et de dessus (fig.6) dans le Keibel et Mall. Il ressemble d'ailleurs étrangement, autant qu'on en puisse juger, à notre embryon de 9mm, tant pour la constitution du plexus, que pour les rapports artériels et veineux (en particulier la veine rétro-nerveuse : v. en noir fig.6).

L'auteur considère ce plexus comme étant d'un stade relativement avancé par rapport aux précédents, c'est aussi notre avis, et ce fait a pu être vérifié sur nos pièces.

HUBER, enfin, dans ses collections, (n°3) possède une reconstitution d'un plexus brachial d'embryon humain de 10 mm (fig.7) qui a également été reproduite dans le Keibel et Mall (p.121, t.2, 1911). Elle montre la division du plexus en deux lames, avec différenciation des nerfs : axillaire, radial, musculo-cutané, médian, cubital. Il est regrettable que la reproduction en ait été donnée si petite, et qu'elle manque de détails. Par contre, on peut bien juger du degré de pénétration des différents nerfs dans le membre dont le profil a été dessiné par transparence.

4 - RAFAEL, GARCIA, REQUENA

A notre connaissance, c'est le premier auteur qui se soit occupé de la croissance du plexus brachial. Ce travail, réalisé sous la direction du Professeur D. José Escolar Garcia de la Faculté de Médecine de Grenade, en 1946-47, a fait l'objet en 1950 de la Thèse de Doctorat de l'auteur qui vient d'être citée. Cet ouvrage n'a pas été centré uniquement sur la croissance nerveuse, mais " sur le développement vasculo-nerveux de la racine du membre supérieur". C'est parmi tous les travaux consultés, celui



Plexus embryonnaires, d'après REQUENA

Figure 8. — Plexus brachial de l'embryon de 9 mm.

Figure 9. — Plexus brachial de l'embryon de 14 mm.

Figure 10. — Plexus brachial de l'embryon de 35 mm

En pointillés : la chaîne sympathique.

En noir : les artères.

qui a offert le plus de points de comparaison; et j'aurai l'occasion, à propos de chaque stade, d'évoquer l'un ou l'autre des embryons de Requena.

L'auteur a étudié une série de plexus de nouveau-nés (25 individus) au moyen de la dissection directe, afin d'en considérer les divers types. Ce point a moins d'intérêt car le plexus du nouveau-né est très évolué et comparable en tous points à celui de l'adulte.

Plus intéressants sont ceux de 35 mm, 14 mm et 9 mm étudiés par la méthode de Born et figurés par l'auteur (voir figures 8,9,et 10).

Deux autres embryons de 6 et de 5 mm ont été étudiés mais non reconstitués et nous verrons que cela peut amener des causes d'erreur.

Enfin, l'auteur dit avoir étudié d'autres phases du développement, mais ne juge pas utile de les mentionner dans son travail à cause de leur affinité très grande avec les types qu'il présente (ces embryons étaient de 22 et 4 mm).

Une série de 8 pièces prises sur le cobaye complète sa collection.

Voici en quelques lignes les conclusions de REQUENA :

1°) ..." Le début du plexus brachial se présente comme un cône radiculaire dans le bourgeon du membre récemment ébauché, d'un embryon de 5 mm "....

2°) ..." Peu après, dans l'embryon de 6 mm, on voit le cône du plexus brachial primitif se fendre longitudinalement en deux autres : un antérieur ou ventral et un postérieur ou dorsal. Les deux cônes sont unis par leur base radiculaire; le cône antérieur étant plus ample, avec dans son épaisseur, des oeillets où passent des vaisseaux. L'oeillet situé au sommet prend une position fixe, pour constituer ce qui deviendra le V. du médian de l'adulte"...

3°)... " Vient ensuite la différenciation des tractus : antérieur et postérieur du plexus brachial. Dans l'embryon de 9 mm, le tractus dorsal du plexus forme des rameaux radiaux superficiels, radiaux profonds, et des rameaux pour le triceps. Le circonflexe se détache un peu plus haut "...

4°)... " Dans le tractus antérieur du plexus, on voit la différenciation et la séparation de celui-ci en médian et cubital, un peu au dessus de l'épitrochlée (dans l'embryon de 14 mm), par conséquent assez loin du V. du médian "...

5°)... " Le nerf musculo-cutané se détache ultérieurement du médian (embryon de 35 mm) et se manifeste par des rameaux échelonnés qui, de l'axe du médian, se rendent aux muscles de la face antérieure du bras. Ces rameaux vont, peu après se réunir en un paquet commun, et le nerf en question sera individualisé "...

..." En même temps apparaissent les nerfs pectoraux et leurs anses "...

6°)... " Les cinq racines du plexus brachial se trouvent déjà individualisées dans l'embryon de 9 mm"...

..." Nous ne trouvons pas encore la disposition en troncs primaires chez l'embryon de 35 mm, ils doivent se former ensuite, probablement par la descente de l'épaule!..

B- TRAVAUX PORTANT SUR DES EMBRYONS DE MAMMIFERES

Aux cas précédemment cités, et qui intéressent uniquement les plexus humains embryonnaires, on peut joindre d'autres travaux portant sur des plexus embryonnaires de Mammifères autres que l'Homme.

1°) Il semble utile de citer tout d'abord le travail de Patten, sur le développement de " Sus Scrofa" (Embryology of the pig, 3e éd.) Cet auteur nous propose entr'autres, trois figures de plexus primitifs appartenant à des embryons de 10, 18 et 35 mm (voir fig.II).

Ils correspondent à peu près, aux stades humains de 6 mm-7,5 mm et le troisième à un stade un peu inférieur à notre 9 mm.

Le premier montre une chaîne nerveuse continue dans laquelle se jettent les différents nerfs; le second bien que n'ayant pas d'anastomose entre C5 et C6, montre déjà une ébauche de plexus en deux troncs primaires. Quant au troisième, il indique bien un groupement, d'une part des branches antérieures de C5, C6, C7 et, d'autre part de celles de C8 et DI.

C'est à cause de cette ressemblance que ces plexus ont été reproduits ici.

2°) En second lieu, MILLER R.A. & DETWILET S.R. dans " Comparative studies upon the origin and development of the brachial plexus " (1) étudient en les comparant entre eux, le plexus brachial embryonnaire de divers Vertébrés pris à un stade équivalent de leur développement. Les Vertébrés inférieurs ont été mis de côté volontairement, seuls les Mammifères ont été conservés. Les individus comparés sont les suivants :

(1) Anat. Record. 1936, t.65, pp.273-292.

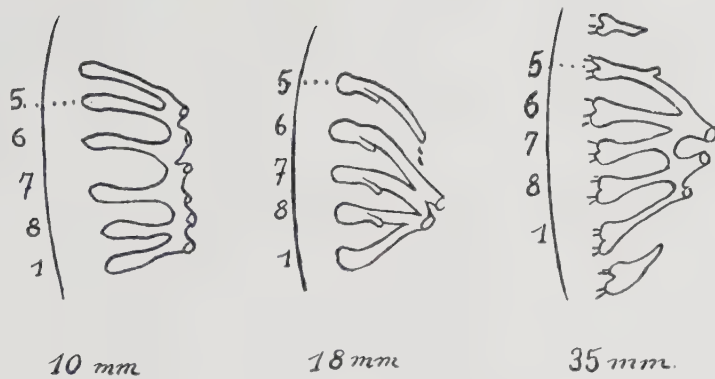


Figure 11

Plexus d'embryons de *Sus scrofa*, d'après PATTEN (10 mm., 18 mm. et 35 mm.).

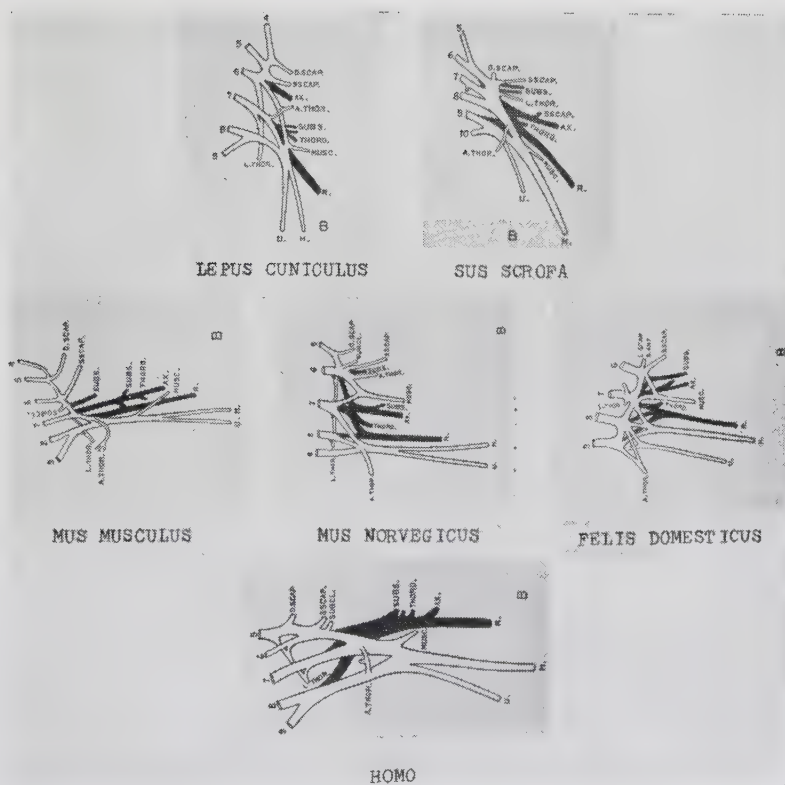


Figure 12

Comparaison entre les plexus embryonnaires de quelques Mammifères, d'après MILLER.

Mus musculus, Mus norvégicus, Lepus, Felis domesticus, Sus scrofa, et Homo. On ne peut malheureusement pas trouver dans ce travail la taille exacte de ces embryons, mais, en comparant les figures obtenues d'une part avec les plexus d'embryons humains de longueur connue, et d'autre part avec celles de " Sus scrofa " de PATTEN on peut déduire que la taille des embryons cités par MULLER est assez évoluée (plus de 27 mm pour Homo et plus de 35 mm pour Sus).

La planche I2 a l'intérêt de montrer que comme pour l'embryon humain, les 5 branches antérieures des nerfs rachidiens ont tendance à se grouper en deux portions: l'une proximale (par rapport à l'extrémité céphalique), comprenant les 3 plus hautes, et l'autre distale, les deux plus basses.

Par cette étude comparative, l'auteur a voulu montrer essentiellement que, malgré les fluctuations d'origine du plexus brachial, il existait une " étroite corrélation entre les segments primordiaux et les nerfs ". " Le nombre de nerfs correspond au nombre de somites ".

Ces quelques considérations historiques sur le développement du plexus brachial, jointes aux documents apportés ci-après, offriront une vue générale du problème. Je n'ai pas voulu parler ici de l'historique de la conformation du plexus brachial humain adulte, afin de bien faire ressortir le but essentiel de cette étude, à savoir son organogénèse. Cependant, un bref rappel de celle-ci, sera nécessaire quand il faudra étudier, au dernier chapitre, les éléments nouveaux que le travail apporte à la compréhension du plexus brachial adulte.

T E C H N I Q U E S

La seule technique employée a été la méthode de BORN, avec coupes sériées et reconstruction.

Cette technique est trop connue pour qu'il faille revenir sur son emploi. On ne donnera aucun renseignement sur le nombre, l'épaisseur des coupes, et les calculs employés pour homogénéiser les 3 dimensions de l'espace. Ceci alourdirait inutilement ce travail. Cependant, les lecteurs trouveront plus loin dans un tableau, les numéros des embryons ainsi que le facteur de grossissement. Celui-ci interviendra quand nous serons amenés à parler des mensurations des pièces reconstruites et de leur comparaison.

Par contre, il faut indiquer ici les causes d'erreur apportées par la méthode de BORN.

Les erreurs peuvent avoir plusieurs origines :

Les coupes peuvent avoir été plus ou moins étalées sur la lame, lors de leur passage sur la platine de Policard, il en résulte parfois quelques dessins à une échelle inférieure aux autres dessins. Quelques coupes peuvent manquer, avoir été abimées, déchirées, repliées, et il faudra corriger, lors du montage, par intrapolation, ce qui peut faire perdre un détail (assez minime).

Les nerfs sont souvent recroquevillés à l'intérieur de leur gaine.

Le stade de lecture des coupes par projection peut être également source d'erreur double : d'abord par l'appareillage, (le miroir peut bouger pendant le cours des projections), ensuite par le lecteur lui-même qui est obligé de simplifier, de styliser certains contours " normalement" assez vagues, et qui peuvent se présenter à lui sous forme de taches confuses. Mais, dans l'ensemble de toutes les lectures de coupe, les erreurs s'équilibrent et donnent un résultat moyen satisfaisant.

Il faut également insister sur les erreurs produites lors de la reconstruction, et, si l'on arrive à connaître facilement l'axe sagittal de l'embryon, une marge d'erreur existe dans le sens longitudinal qui aboutit très souvent à une tendance à redresser la courbure de la moelle. De plus, si les coupes ont été faites obliquement par rapport au plan médian sagittal de l'embryon, il faudra corriger en montant l'embryon de façon oblique. HJORTSJO, en 1954, s'est intéressé à ce sujet et propose des formules pour " redresser" l'embryon. Personnellement, nous trouvons plus simple de corriger, en appliquant le procédé suivant:(voir fig.13).

Soit l'embryon débité en coupe d'épaisseur $=e$. La coupe a été faite obliquement de façon à ce qu'il y ait n coupes entre le niveau cd et le niveau ab où l'on rencontre deux éléments de même valeur mais situés d'un côté et de l'autre. (Ici, ce sera par exemple l'endroit où la partie inférieure du bras commence à apparaître sur les coupes). La largeur de la coupe inférieure sera D . Soit h la distance entre les deux plans considérés : $h = n e$. Le problème est de trouver α : angle formé entre la verticale au plan de coupe (cd), et l'axe de l'embryon. Un raisonnement simple sur lequel nous ne jugeons pas utile de nous étendre, permet d'obtenir après une dizaine d'opérations le résultat suivant:

$$\sin \alpha = \pm \sqrt{\frac{I}{2} \pm \sqrt{\frac{I}{4} - \frac{n^2 e^2}{D^2}}}$$

Connaissant $\sin \alpha$, il sera commode d'avoir α soit au moyen d'une table de logarithmes, soit encore par la construction de deux triangles semblables.

Il est évident que la valeur de α doit être prise dans les limites raisonnables (en fonction des signes + ou -).

Ces calculs, valables sur l'embryon, le sont encore sur pièce reconstruite, puisque le tout a été grossi de façon homothétique, et n, e, et D seront calculés sur les plaques de cire. On pourra alors, connaissant α , décaler les coupes du côté où sera apparue la première ébauche du membre, d'une quantité qu'il sera facile d'apprécier en enfonçant par exemple dans le socle une broche qui possède l'inclinaison calculée.

Pour plus de sécurité, on peut calculer plusieurs fois le même angle en se servant de plusieurs couples de points correspondants, et en faisant une moyenne.

Enfin une dernière cause d'erreur, peut provenir d'une inattention dans la surveillance de la hauteur, et il peut être utile de tasser les lames de cire.

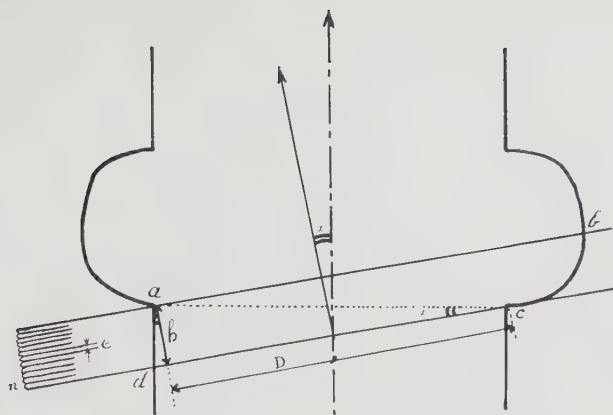


Figure 13

Schéma servant à établir la formule de « redressement » des embryons. Les deux palettes latérales figurent les membres supérieurs embryonnaires. Entre les niveaux a b et c d, il existe n coupes d'épaisseur e. Les valeurs h et D ont été placées, ainsi que l'angle α formé entre l'axe réel et l'axe théorique.

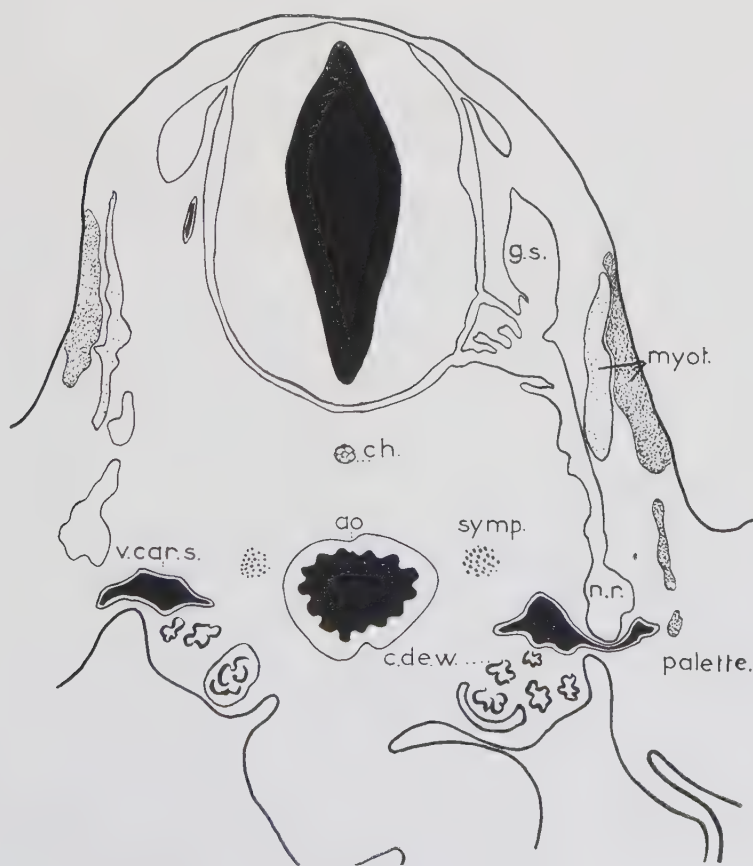


Figure 15

Coupe de l'embryon de 6 mm.

On voit bien que les éléments nerveux n'ont pas pénétré dans le membre.

M A T E R I E L D'E T U D E

Nous avons pu reconstituer en collaboration avec Monsieur le Professeur OLIVIER, et Monsieur TARNUS, huit exemplaires de plexus brachial embryonnaire. Six d'entre eux ont été construits d'un seul côté, et deux de façon bilatérale (le C.P. 7,5mm et le AS.IImm). (I)

Ces huit reconstructions sont à comparer aux deux plexus de His, à ceux de Elze (deux), de Muller (un), de Huber (un), à ceux de Bardeen et Lewis (quatre), de Requena (trois) et à celui de Miller (un). Ce qui fait donc au total vingt deux plexus brachiaux d'âges divers, et ayant fait objet d'une reconstruction (Nous éliminons les plexus de nouveau-né de Requena).

Dans le tableau I4 qui suit (voir note), sont classés par ordre de taille croissante les 8 embryons. Dans la première colonne (à partir de la gauche) on a noté l'indication de l'embryon, puis, en allant vers la droite: sa taille marquée sa taille réelle et le grossissement employé pour le reconstituer.

Il a été en effet nécessaire de distinguer entre la taille marquée et ce qui a été appelé la taille réelle, car la longueur mesurée (vertex-coccyx) ne donne qu'une idée très approximative du degré d'évolution des plexus. Il a fallu les apprécier, en réalité, les uns par rapport aux autres, en en considérant le degré d'évolution réciproque.

(I) Les originaux des huit embryons qui font l'objet de notre étude se trouvent au musée du laboratoire d'anatomie de la Faculté de Paris.

Note : Afin d'éviter toute confusion, les figures, tableaux et graphiques ont été numérotés par une seule série de chiffres, c'est ainsi que se suivront dans le texte : figure I3, tableau I4, figure I5, etc...

T A B L E A U I4

Indicatif	Taille indiquée	Taille Réelle	Grossissement
C.P.	7,5 mm	6 mm	200 fois
B 2	7,5	7,5	200
AS	11	9	200
B 3	10	11	150
C.P.	13,5	13,5	150
D(Nicolas)	17	15	100
C.P.	17	17	100
W	27	27	100

Les embryons étudiés par les auteurs n'ont pas tous été également utiles à ce travail. Suit la liste de ceux qui ont été figurés et dont l'image est reproduite dans cet ouvrage.

HIS	6,9 mm - 10,2 mm	
LEWIS	9	- 11 - 20 mm
MULLER	16,2	
ELZE	7	- 9,5
HUBER	10	
REQUENA	9	- 14 - 35
MILLER	27 (+)	

CHAPITRE I.

ETUDE ANALYTIQUE DES PLEXUS

Dans ce chapitre, chacun des huit plexus est figuré et décrit selon le plan suivant :

D'abord les origines sont étudiées, avec les racines antérieures et postérieures, les ganglions spinaux, les nerfs mixtes et leur direction, leurs branches postérieures, et leurs rameaux communicants.

Ensuite le plexus proprement dit (le corps) fait l'objet de notre attention avec sa forme générale, sa direction et sa constitution. Quelques considérations sur les branches collatérales et terminales du plexus complètent ces notions.

Enfin chaque plexus étudié est comparé à ceux des autres auteurs, qui lui correspondent.

I- EMBRYON DE 6 mm

(taille corrigée)

Cet embryon est le plus jeune que nous ayons reconstitué et il semble être le stade le plus primitif où l'on puisse parler de " plexus brachial ".

Des stades moins évolués que celui-ci sortiraient du cadre de ce travail où l'on se propose de se cantonner uniquement dans l'organogénie. Cependant, pour le présent stade, il sera fait état exceptionnellement de quelques considérations embryologiques qui ont été notées au passage. C'est pourquoi ce plexus de 6 mm, sera étudié d'abord en tant qu'origine des nerfs rachidiens en général, puis en tant que plexus brachial primitif.

A-ETUDE DE LA PIECE EN TANT QU'ORIGINE
DES NERFS RACHIDIENS

Les embryologistes ont soutenu, au sujet de l'origine des nerfs rachidiens, deux opinions différentes bien exposées par Oscar Hertwig :

1ère Hypothèse.--

" Les fibres nerveuses périphériques sont des excroissances du système nerveux central. Elles s'unissent secondairement avec leur appareil terminal ".

2ème Hypothèse.--

" Les ébauches de l'appareil terminal sont réunies, dès le début du développement, avec le système nerveux central, par des filaments et par des cellules disposées en chaîne, c'est aux dépens de ces éléments que se développent les fibres nerveuses (1).

(1) Auteurs cités au sujet de ces hypothèses :

Hensen, Milnes, Marshall, Kolliker, Sagemehl, Van Wijhe, Bedot, Onodi, Beraneck, Rabl, Bead, Kartschenko, Lenhossek, His, Balfour.

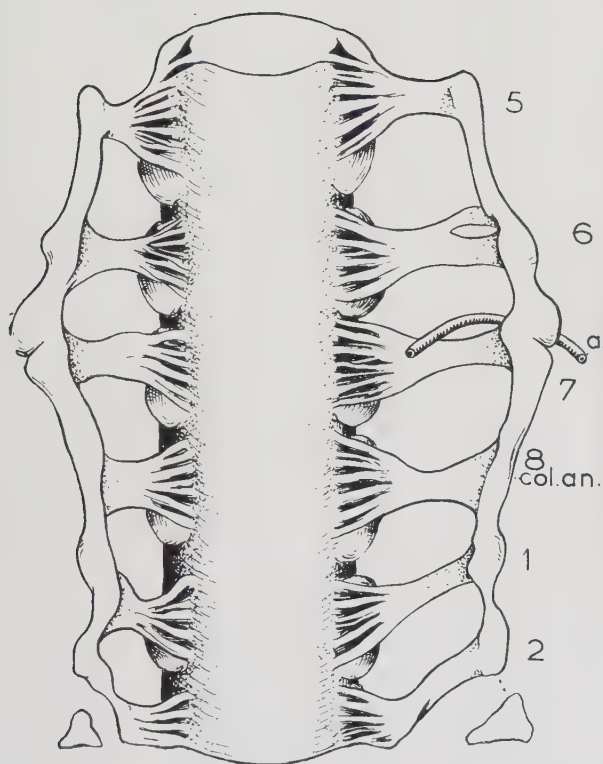


Figure 16

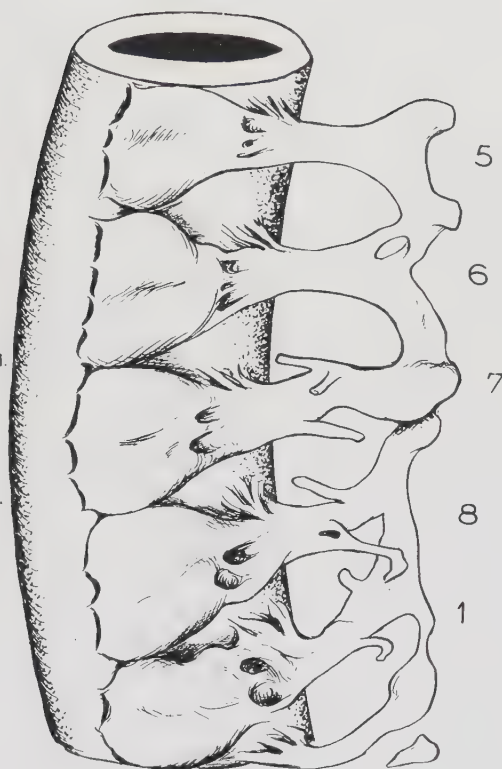


Figure 17

Plexus brachial de l'embryon de 6 mm.

Figure 16

Vue antérieure.

L'artère α été figurée (α), ainsi que la colonne anastomotique (Col. an.).

Figure 17

Vue latérale gauche.

Remarquer la forme des ganglions spinaux, les creux existant en avant d'eux, ainsi que le bourrelet de la colonne anastomotique au niveau de C 7.

Il est évidemment difficile à première vue, de prendre parti au moyen de cette reconstruction, pour affirmer ou infirmer l'une ou l'autre hypothèse qui se basent sur des arguments histologiques, voire même cytologiques.

Cependant quelques considérations peuvent être faites. Tout d'abord, il est certain que les éléments nerveux sont près des myotomes, à tel point que l'on doit se garder, sur certaines coupes, de prendre la partie interne de ceux-ci pour des branches nerveuses postérieures (figure 15). Mais, les myotomes sont placés latéralement par rapport aux nerfs qui les dépassent par l'avant. On ne voit pas comment, selon la seconde hypothèse, il pourrait exister un trajet entre l'extrémité du nerf et le myotome bien plus postérieur.

Par ailleurs le chemin de cette voie prédestinée serait coupé par une formation veineuse qui, au niveau du membre supérieur, se trouve placée immédiatement en avant de l'extrémité antérieure du nerf et l'entoure largement en dedans comme en dehors (voir aussi fig.4).

A un autre point de vue, les myomères sont placés métamériquement dans les intervalles situés entre les nerfs; ce qui confirme la théorie de Miller (déjà cité antérieurement), à savoir qu'il y a correspondance entre le nombre de nerfs et le nombre de somites. Giroud dans son ouvrage d'embryologie insiste également sur ce point.

Enfin, au stade présent (I) les nerfs ne pénètrent pas dans le membre, alors que les vaisseaux y sont largement représentés déjà : les veines: par l'arcade marginale et par des plexus qui s'en séparent, les artères : par une portion d'artère axiale du membre plus difficile à suivre.

(I) Contrairement à ce que dit Requena : " Nous trouvons le réseau vasculaire naissant après que l'axe nerveux du même membre se soit formé ", - mais conformément à Lewis....

B- ETUDE DE LA PIECE EN TANT QUE
PLEXUS PRIMITIF.

a) Origines :

Le plexus ayant été monté des deux côtés, on trouve une symétrie assez nette, et le plexus prend origine dans C5, C6, C7, C8 et D1, avec une anastomose relativement grêle de D2.

Les racines antérieures sont bien visibles et nombreuses, et il existe, en hauteur peu de place vide sur la moelle entre les bouquets de fibres antérieures des segments successifs (voir fig.I6).

En arrière, existe une série de ganglions spinaux (voir fig.I7) bien séparés les uns des autres, aplatis latéralement et présentant deux maximums dans leur épaisseur (l'un en haut, l'autre en bas). Leur forme est trapézoïdale à grande base postérieure et à petite base antérieure. Ces ganglions mesurent sur notre pièce, en moyenne, de 45 à 55 mm d'avant en arrière et de 43 à 50 mm pour la grande base (grossissement 200).

Le ganglion est relié en arrière à la moelle par quelques tractus assez peu nombreux, et il existe en avant, des ponts également peu nombreux et assez grêles entre ce ganglion et la racine antérieure : ils représentent le contingent de fibres sensibles se trouvant à cet endroit au stade considéré.

Ces dernières observations sont en accord avec celles de HIS, (cité par Prenant) qui, sur un embryon de 5,5 mm constate l'existence des racines antérieures motrices qui viennent d'apparaître, alors que les " fibres " sensibles sont encore absentes. Il existe donc, à l'origine un retard dans l'apparition des fibres sensibles, sur les fibres motrices: notre stade étant un peu ultérieur à celui observé par HIS, la morphologie exposée plus haut s'explique aisément. Sur des embryons plus âgés, le ganglion spinal se continuera insensiblement avec le nerf et il n'existera plus d'hiatus entre les faces externes de ces derniers (voir aussi fig.18).

Les nerfs issus des origines précitées sont, les deux plus élevés, quasi-horizontaux, tandis que les autres ont un trajet franchement ascendant. Les deux derniers cervicaux ainsi que le premier nerf dorsal envoient latéralement une branche grêle, dorsale, légèrement descendante, qui se recourbe très vite en hameçon à concavité postérieure.

Il est difficile d'entrevoir à ce stade, les rameaux communicants du sympathique, ce dernier étant mal délimité et non encore segmenté, il n'a pu raisonnablement être reconstruit de façon acceptable.

b) Le Plexus :

Les 5 branches antérieures se réunissent entre elles en formant une sorte de colonne longitudinale que je propose de nommer " colonne anastomotique ". Elle est prolongée en bas par un pont venant de D2. Cette colonne, avec ses origines, peut être considérée comme la forme la plus primitive du plexus brachial humain actuellement connue.

Il existe au niveau de la rencontre de C6 avec la colonne anastomotique, un petit oeillet (bilatéralement) dans lequel aucune formation y pénétrant n'a été rencontrée pour l'expliquer.

Vue de face (fig.I6) la colonne anastomotique a la forme d'un accent circonflexe à concavité interne, et dont le sommet correspond au niveau où C7 rejoint l'ensemble. Ce sommet est plus épais que les portions avoisinantes et comporte un bourrelet qui se déjette au dehors et qui est sans doute la toute première ébauche de subdivision du plexus en une lame postérieure et une lame antérieure.

Vu par sa face médiale C7 semble passer au dehors de la colonne anastomotique en s'y accolant, de sorte qu'il existe entre ces éléments une dépression verticale au point de tangence; alors que les autres nerfs constituant le plexus se continuent avec la colonne anastomotique sans démarcation visible.

Le plexus a une forme quadrangulaire (fig.I7), et il est dirigé vers l'avant, presque parallèlement au plan médian sagittal du corps (fig.I5); seule la 7ème cervicale a tendance à s'en écarter un peu.

Il n'existe donc à ce stade ni troncs, ni lames nerveuses, ni branches collatérales ou terminales individualisées. Tout se réduit à cette colonne avec son bourrelet.

c) Comparaisons :

On pourrait comparer ce plexus au 6,9 mm de His, (déjà cité), un peu plus âgé, et qui présente une large anastomose avec C4. Il peut être également rapproché du 10 mm de Miller (sur *Sus Scrofa*) où la colonne anastomotique et le rapport avec C4 sont bien visibles.

En outre, il faut encore citer ici la description de Lewis qui a étudié (sans les reconstruire) deux embryons de 5 et de 7 mm où l'on retrouve la structure précédemment décrite, sous forme d'une série d'anastomoses étagées entre la terminaison des différents nerfs.

De son côté, Elze décrit et figure un plexus d'embryon de 7 mm qui correspond à notre 6 mm et présente les mêmes rapports veineux.

Mais la discussion qui reste à faire réside dans la comparaison entre notre reconstruction et le plexus de 5 mm de Requena. Cet auteur n'a pas reconstitué celui-ci et s'est contenté de lire les lames : d'où des divergences avec nos constatations sur plusieurs points :

Il trouve que " le membre supérieur a l'aspect d'un bourgeon à l'intérieur duquel se lance un axe nerveux qui se perd "...

..." Cet " axe " nerveux central est formé par la confluence des fibres qui sortent de la moelle par un trajet étendu, lesquelles ne sont pas encore individualisées, et où nous ne pouvons reconnaître des " paires " rachidiennes déterminées "...

Ayant reconstruit le membre et les nerfs, j'ai pu constater que le plexus ne pénètre pas dans le bourgeon primitif et la coupe que publie Requena, très analogue à la fig. 15, ne laisse aucun doute sur ce point.

Le plexus n'a pas la forme d'un cône formé de fibres indifférenciées, mais d'un rectangle où des paires rachidiennes bien formées se jettent dans une colonne longitudinale, à la racine du bourgeon du membre, mais n'y pénétrant en aucune façon.

Ces quelques divergences invitent à mettre en garde contre la seule interprétation des coupes, sans reconstruction, ce qui peut donner une fausse impression de simplicité et de sécurité.

2- EMBRYON DE 7,5 mm

Le plexus de l'embryon de 7,5 mm est particulièrement intéressant car il forme la transition très nette entre le stade précédent, très primitif, et les stades suivants qui deviennent très vite assez évolués.

a) Origines :

Le plexus a été monté du côté gauche seulement et prend origine dans les 5, 6, 7, 8èmes cervicales et première dorsale; il reçoit une anastomose grêle de D2 et présente un pont qui se dirige vers C4 (voir fig.I8).

Les racines ressemblent fort, dans leur disposition, à celles du plexus de 6 mm (fig. I6 & I9).

Les ganglions spinaux sont encore séparés les uns des autres mais se touchent. Leur forme est semblable à celle décrite plus haut, avec cependant tendance à s'allonger vers l'avant et à devenir triangulaire à base postérieure. Ils envoient un assez fort contingent de fibres à la moelle sous la forme de ponts, plus épais et plus nombreux qu'au stade précédent, et le bord antérieur des ganglions tend à s'estomper par le départ des fibres sensibles vers le nerf. Les ganglions mesurent (I) de 70 à 42 mm de grande base, (tournée vers l'arrière), et de 85 à 80 mm de longueur (antéro-postérieure). Les plus grandes dimensions appartiennent aux ganglions les plus élevés.

Les nerfs mixtes formés de la réunion de ces deux séries de racines, se portent en avant : le 8ème cervical presque horizontalement; les nerfs qui lui sont supérieurs ont un trajet coudé et descendant (fig.20) tandis que le 1er dorsal est coudé mais ascendant. La longueur des racines croît nettement de bas en haut, d'où tendance à la déformation du plexus quadrilatère primitif.

Figure 20

Figure 18

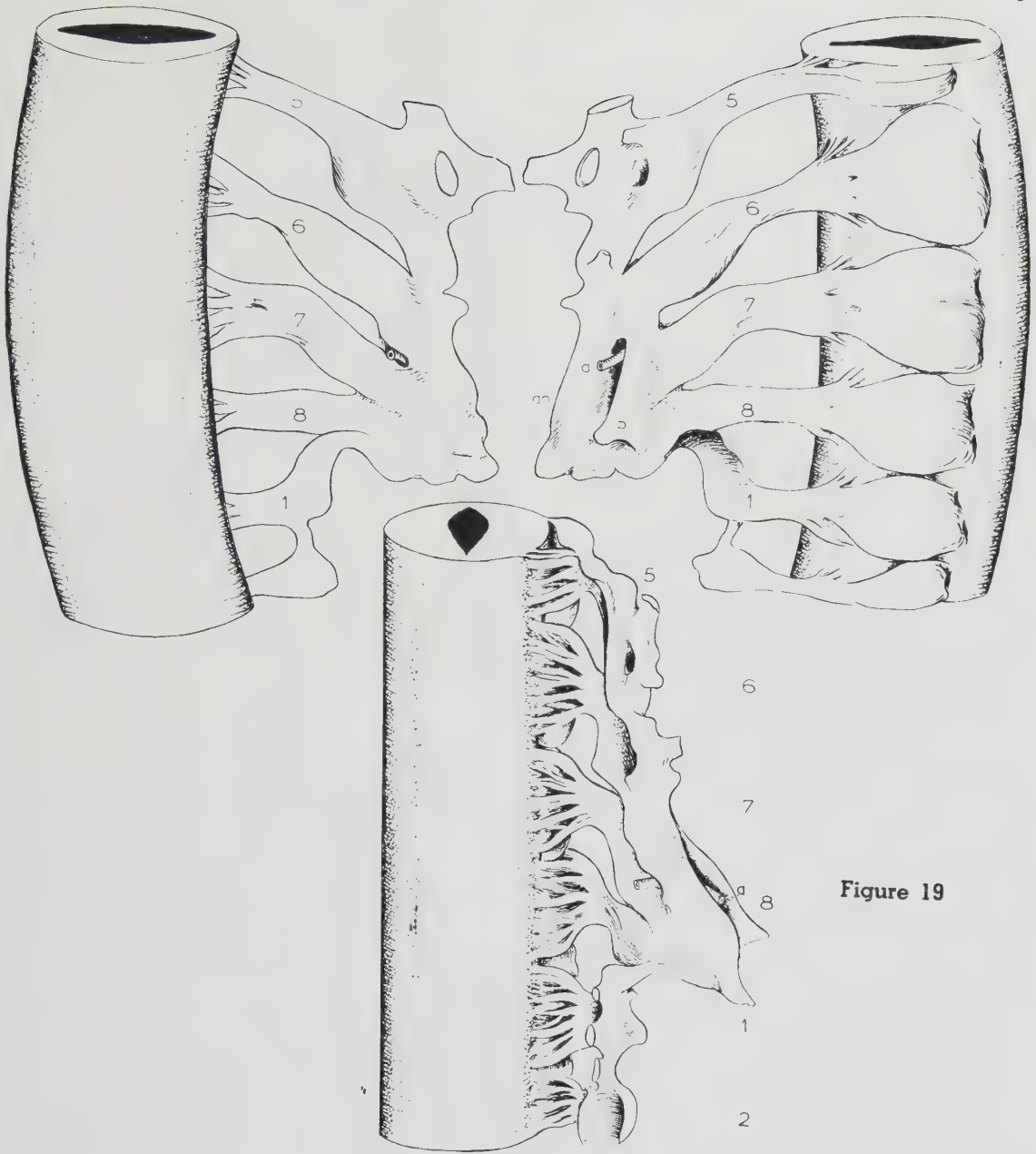


Figure 19

Plexus brachial de l'embryon de 7,5 mm.

Figure 18 (en haut et à droite). — Vue latérale gauche.

Noter l'allongement des nerfs mixtes supérieurs, ainsi que l'existence d'une masse triangulaire vers la partie basse, divisée en deux lames par l'artère (a). Remarquer aussi la disproportion entre les deux lames : antérieure (an) et postérieure (p) avec, sur la première, l'ébauche de trois bourrelets inférieurs.

Figure 19 (en bas). — Vue antérieure.

On voit ici le mouvement en bas et en dehors, de l'extrémité du plexus, avec redressement de la partie supérieure de l'accent circonflexe et l'incurvation de sa portion inférieure.

Les anastomoses avec le sympathique sont représentées sectionnées.

Figure 20 (en haut et à gauche). — Vue interne.

Les branches postérieures des nerfs mixtes n'ont pas été reconstruites.

Les branches antérieures seules figurées sont aplaties latéralement. La 5ème cervicale offre un oeillet très loin situé sur son trajet, sous l'anastomose de C4.

La chaîne sympathique envoie un rameau grêle (?) à C6, deux autres importants à D1 et deux à D2 (fig.I9).

b) Le Plexus :

Les 4 nerfs supérieurs se réunissent entr'eux selon une ligne oblique en bas et en arrière (fig.I8 & 26), à cause de l'allongement relatif des nerfs supérieurs. Ils sont rejoints en bas, par le coude formé par D1. On retrouve donc la colonne décrite précédemment pour le 6 mm, mais déformée. Elle l'est dans les deux sens :

1°) Dans le sens crânio-caudal, on vient de dire que la déformation tenait à l'allongement des nerfs supérieurs. En avant et au dessous de cette ligne oblique, une masse triangulaire à base inférieure et à deux feuillets, née de la colonne anastomotique vient tenter de rétablir la forme quadrangulaire du plexus primitif (voir fig. 26-2).

Cette masse donnera les lames : antérieure et postérieure du plexus brachial, visibles dès le stade suivant.

2°) Dans le sens transversal, une évolution nette s'est également produite. On peut encore retrouver les constituants de " l'accent circonflexe " mais déformés.

Le sommet de l'angle se trouve toujours en regard de C7 et dans son prolongement. Mais tout se passe comme s'il avait été attiré en bas et en dehors (par l'abaissement du membre supérieur). Il en résulte un

allongement et un redressement de la branche supérieure de l'accent circonflexe, un raccourcissement et une incurvation à concavité antéro-externe, de sa branche inférieure.

A ce stade, on ne trouve pas deux cônes de division de la partie distale du plexus ainsi que l'indique Requena, mais plutôt un clivage du triangle en deux lames étroites, triangulaires, qui s'écartent l'une de l'autre. Elles ménagent entre elles deux oeillets dont le plus élevé donne passage à l'artère du membre.

La lame antérieure est plus évoluée que la lame postérieure, (d'accord avec Requena) et ne comporte pas encore d'œillets.

Notons en passant que l'artère est encore située comme dans notre 6 mm au dessus de C7, mais qu'elle a suivi (?) le mouvement général du plexus, en bas et en dehors, de telle sorte qu'elle se trouve de la hauteur des racines de C8 alors que sur le stade précédent, elle était à la hauteur de C7. Elle est donc descendue de la hauteur d'un segment environ, entre le stade 6 mm et le stade 7,5mm (I).

A noter également que l'artère, qui ici est comprise entre les deux lames nerveuses, ne faisait au stade précédent que contourner C7, elle a donc été entourée secondairement par des fibres externes (ou postérieures). Elle n'a donc pas pénétré secondairement dans l'ouverture qui se serait ouverte dans la chaîne anastomotique et qui aurait donné deux lames : l'une antérieure, l'autre postérieure.

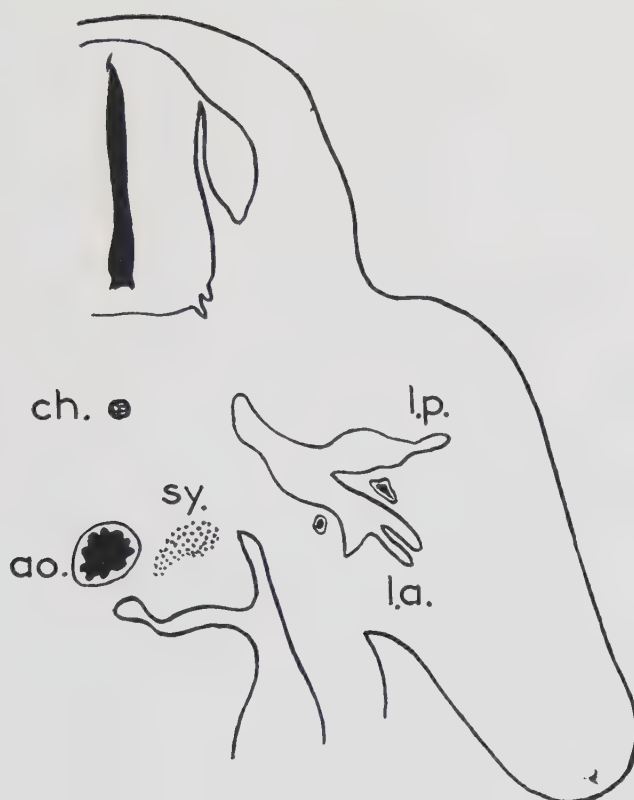


Figure 21

Schématisation de la coupe de l'embryon de 6 mm., de REQUENA.

Cette coupe intéresse la portion triangulaire du plexus qui s'est divisée en une lame antérieure (l. a.) et une lame postérieure (l. p.).

Les nerfs ont déjà pénétré dans le membre.

Toutes les racines semblent participer à la constitution des deux lames nerveuses, avec peut-être, à ce stade, un maximum pour C7, C6 et C8.

On ne peut distinguer encore de branches collatérales ni terminales à ce plexus; cependant, des bourrelets apparaissent de ci de là, qui pourraient être à l'origine de celles-ci. En particulier, la partie inférieure, horizontale de la lame interne (antérieure) en montre trois.

Le plexus a une direction générale à peu près parallèle à l'axe median sagittal du corps avec lequel elle forme un angle d'environ dix degrés à sa partie supérieure. Il est évident qu'au niveau de son tiers inférieur, l'angle est plus important mais difficile à mesurer de façon correcte.

c) Comparaisons :

Bien que n'ayant pas reconstruit les contours du membre supérieur, on peut dire à ce stade, que le plexus commence à pénétrer nettement dans la palotte brachiale, ceci par comparaison de nos coupes avec celle reproduite par Requena de son embryon étiqueté 6 mm (fig.2I) où l'on commence à distinguer une lame antérieure et une lame postérieure.

..." L'axe nerveux central se divise longitudinalement en deux trajets : un antérieur ou ventral, et un autre postérieur ou dorsal. Le premier va aux masses somitiques d'où sortira la musculature des fléchisseurs et le second aux extenseurs ; remarquons que les deux trajets nerveux ont une origine également étendue dans la moelle"...

3 - EMBRYON DE 9 mm

(taille corrigée)

Le stade 9 mm offre un grand intérêt car c'est lui qui montre les premiers aspects de la différenciation du plexus et de ses branches terminales. D'ailleurs, les auteurs qui ont étudié le développement du plexus brachial ont, pour la plupart, monté un embryon de cette taille.

a) Origines :

Les origines du plexus ont été construites des deux côtés , mais ses branches n'ont été détaillées que du côté droit.

Le plexus provient des quatre dernières cervicales, du premier dorsal, avec, en outre un rameau du 4ème cervical à droite, et un autre, du 2ème dorsal à gauche.

Les racines antérieures sont bien visibles, et les racines postérieures sortent de ganglions spinaux plus ou moins accolés les uns aux autres, formant une nappe longitudinale. Il existe quelques interstices échelonnés sur toute la hauteur de cette nappe ganglionnaire, entre elle et la moelle.

Les nerfs mixtes formés se portent en avant, puis leur direction s'incurve vers le dehors au moment où ils vont former le plexus proprement dit.

Dans le sens vertical l'obliquité des nerfs, n'a guère varié par rapport à celle du plexus de 7,5 mm et l'on voit la 8ème cervicale, légèrement ascendante, presque horizontale, faire contraste à la première dorsale fortement ascendante et coudée, et aux cervicales hautes, obliques vers le bas (fig.22). Cependant, cet aspect d'obliquité

Plexus brachial de l'embryon de 9 mm.

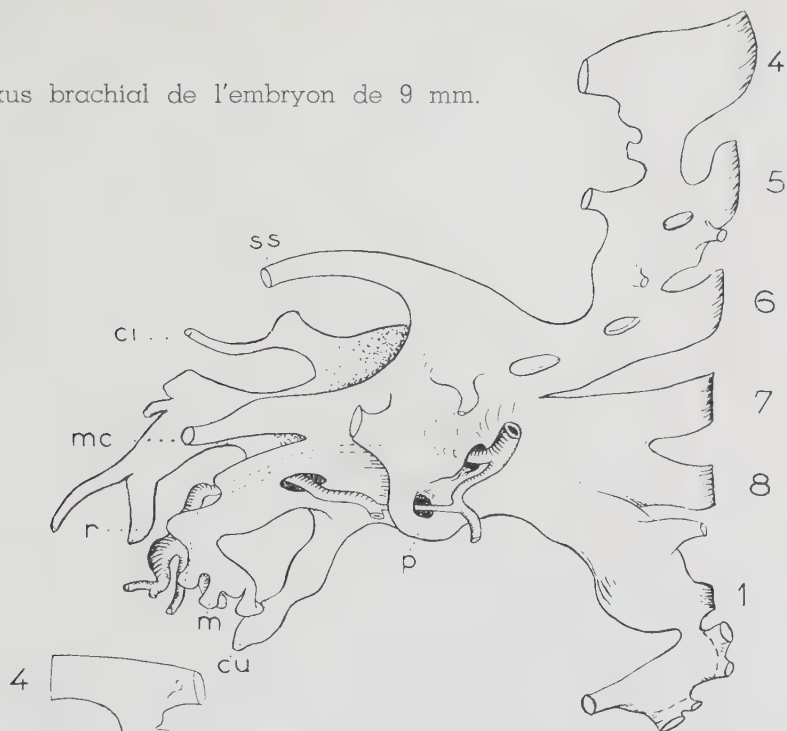


Figure 22



Figure 23

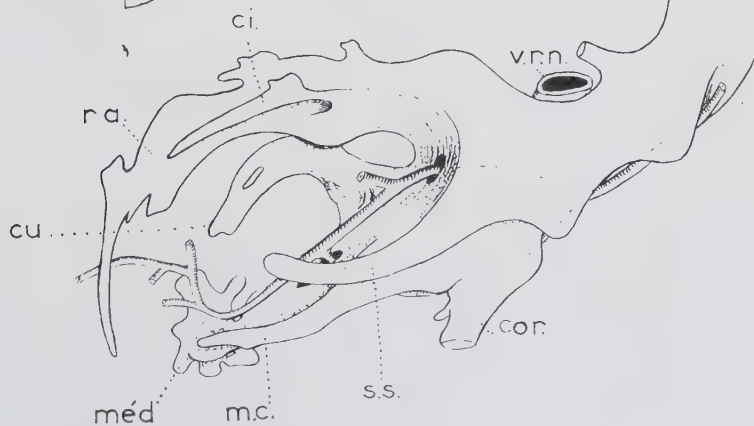


Figure 24

Figure 22. — Vue antérieure (P = n. des Pectoraux, S.S. = n. sus-scapulaire).

Figure 23. — Vue postérieure.

Figure 24. — Vue supérieure de sa partie distale (v. r. n. = veine rétro-nerveuse ; cor. = nerf coracoïdien).

est assez estompé dans l'ensemble, car contrairement au 7,5 mm l'allongement du 5ème nerf cervical est moins marqué que celui des nerfs plus inférieurs, et tout se passe comme si, à ce stade, la chaîne anastomotique du 7,5 mm s'était stabilisée dans sa portion haute, alors que la lame triangulaire que nous y avons décrite s'est différenciée dans ses parties moyenne et basse. Les branches postérieures des nerfs rachidiens sont courtes, grêles et les branches antérieures sont dans l'ensemble aplaties de dedans en dehors, sauf la première dorsale, qui est épaisse, massive, et s'appuie nettement sur la première côte ainsi que le décrit Lewis sur son II mm.

On rencontre dans la partie distale de C5 le même oeillet déjà décrit chez le 7,5 mm, (comparer la partie haute des figures 22 et I8).

C6 montre deux oeillets : l'un distal, l'autre plus externe encore, au point où il se jette dans la lame nerveuse du plexus.

Le cordon sympathique latéro-vertébral échange des rameaux communicants avec le plexus brachial : I rameau avec C5, I avec DI et D2, ceci du côté droit. A gauche il en existe deux avec C5, I avec C6 et les mêmes que précédemment à la partie inférieure.

b) Le plexus :

On peut considérer que le plexus proprement dit, ou " corps " du plexus commence à l'endroit où les nerfs mixtes qui viennent de se former par réunion des racines antérieures et postérieures, changent de direction pour devenir plus externes et de réunir entre eux.

Sa forme est grossièrement triangulaire à base médullaire.

Il a été dit plus haut que la partie haute du corps plexuel, en regard de C5 n'avait guère varié depuis le stade précédent. Par contre, les portions moyenne et basse qui ont été décrites chez le 7,5 mm comme une lame triangulaire se transforment ici en une plaque quadrilatère (figures 22 et 26-3) qui semble venir directement de C7, C8 et DI, séparée par un intervalle de C6, et c'est cette dernière qui semble recevoir C5 (fig.22).

Cette plaque nerveuse, épaisse devenue quasi-transversale, a refoulé plus en dehors l'emplacement de sa bifurcation en ses deux lames : antérieure et postérieure (figures 24 et 27). On assiste donc véritablement à la croissance du " corps " du plexus.

Celui-ci est perforé de l'oeillet décrit à propos de C6, et aussi d'un autre oeillet plus bas et plus externe qui laisse passer l'artère du membre supérieur.

Il existe cette fois un pont nerveux entre l'espace compris entre C6 et C7 où passait précédemment l'artère, et l'oeillet artériel actuel (fig.22). Cette portion qui semble nouvelle, n'est sans doute que le bord postérieur de la lame de bifurcation externe décrite sur le 7,5 mm; qui a été découvert peu à peu, s'est élargi et antériorisé par l'inflexion sur le côté de la lame de bifurcation interne devenue antérieure (voir fig.25).

On pourrait encore par comparaison avec les stades ultérieurs décrire le plexus comme ayant(fig.43)un tronc primaire supérieur (C5 et C6) et un tronc primaire inférieur (C7,C8 et DI),avec un tronc intermédiaire provenant en majorité de C7, accolé ici au tronc primaire inférieur, et passant au dessus de l'oeillet artériel pour rejoindre le tronc primaire supérieur.Ces troncs formant plaque indivise, se clivent en une lame postérieure qui augmente la concavité du plexus en arrière(fig.24),et une lame antérieure

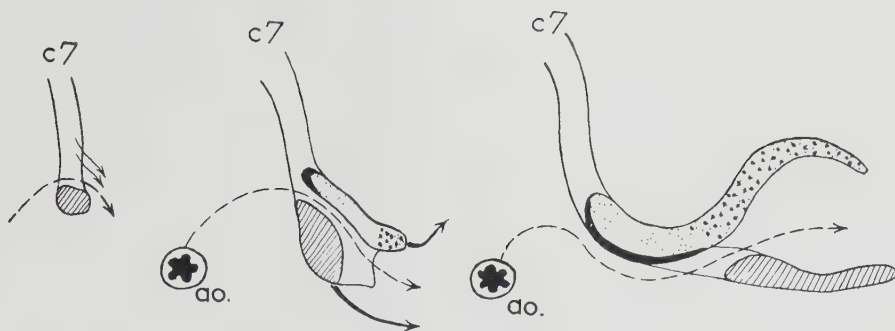


Figure 25

Coupes schématiques à un niveau un peu supérieur à C 7, sur les embryons de 6, 7,5 et 9 mm. Elles sont destinées à montrer comment l'extrémité postérieure de la lame postérieure de division du plexus (en noir) se forme à partir de fibres de C 7, puis se transforme en bord antérieur du tronc intermédiaire (pointillés fins).

Celui-ci se continue au niveau de la coupe, avec les éléments de la lame de division postérieure (pointillés gros). Cette transformation est en relation avec le mouvement qui porte le plexus en dehors.

En tirets le trajet de l'artère (ao. aorte).

Ces figures expliquent comment et pourquoi l'artère, d'abord libre en arrière de la colonne anastomotique du 6 mm. se trouve ensuite noyée dans la masse nerveuse du plexus.

Ces figures ne sont valables que pour le type I, comme on le définira plus loin.

Dans le type 2, il n'y a pas de tronc intermédiaire (donc, supprimer toute la partie en pointillés fins de la figure) et il n'existe aucune difficulté à la compréhension de ce type où l'artère reste constamment libre par l'arrière. (Voir plus loin).

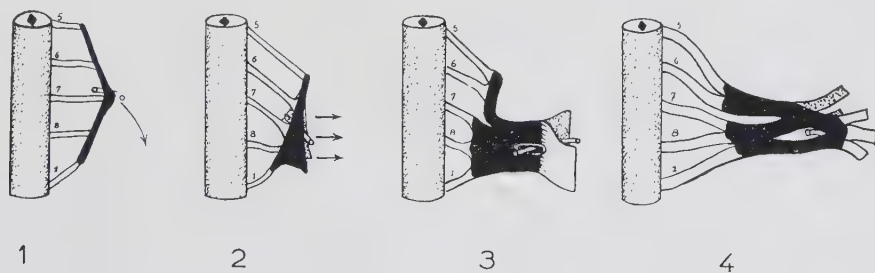


Figure 26

Schéma de l'évolution du plexus brachial gauche en vue antérieure.

En 1. — Colonne anastomotique (en noir).

En 2. — Celle-ci a engendré un triangle qui se clive en deux lames : antérieure et postérieure.

En 3. — La partie inférieure du plexus précédent évolue en une plaque quadrilatère d'où partent les deux lames.

En 4. — La plaque précédente a donné des troncs primaires.

qui se porte simplement en dehors.

Le plexus brachial donne des collatérales pas toujours aisées à identifier ; bouquet des nerfs pectoraux, puis un gros nerf supérieur qui surplombe en avant la tête de l'humérus et correspond au nerf sus-scapulaire (mais l'omoplate n'a pas été trouvée à ce stade), enfin il existe des rameaux postérieurs étagés que l'on n'a pu suivre (fig.23) : ce sont les origines probables du nerf du grand dentelé, non encore formé sans doute.

e) Nerfs du membre supérieur ;

Il semble judicieux ici de parler des nerfs du membre supérieur, bien que ce ne soit pas à proprement parler le sujet de cette étude, ceci pour trois raisons : d'abord parce qu'ils font ici leur apparition et sont assez courts, donc forment un tout avec la masse du plexus brachial; en second lieu ils sont intéressants parce que, s'ils sont tous déjà formés, leur morphologie diffère beaucoup de celle de l'adulte. Enfin, il sera possible de faire des comparaisons avec les résultats d'autres auteurs qui se sont intéressés au problème.

Lame postérieure.-

La lame postérieure est d'abord indivise et transversale. Le nerf circonflexe (fig.23) se détache de son bord supérieur, sans qu'on puisse affirmer nettement qu'il naît des fibres d'origine supérieures; il contourne ensuite la tête humérale.

Le nerf radial (fig.25) est d'abord très aplati, " feuilleté ", subdivisé en deux lames presque accolées; il se termine rapidement en deux branches : l'une volumineuse (motrice) l'autre grêle et supérieure (sensitive).

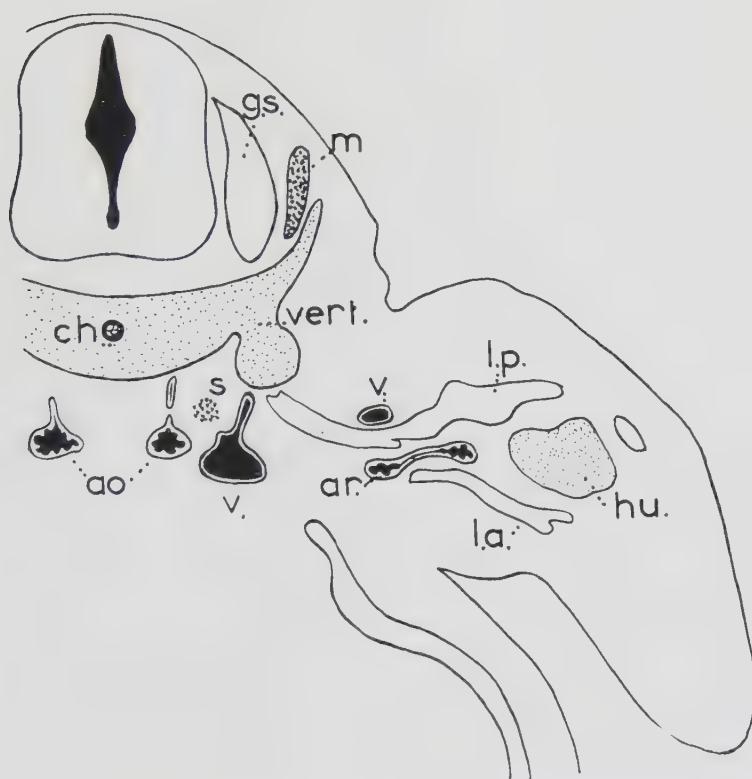


Figure 27

Coupe de l'embryon de 9 mm. au niveau où l'artère passe entre les deux lames de division (L. p. et L. α.).

En pointillés sont représentées les formations pré-osseuses (vertèbre et humérus), et pré-musculaires.

Ici, le niveau intéressé comprend les deux aortes alors qu'elles laissent échapper une branche vers les trous de conjugaison (future vertébrale ?).

Lame antérieure.--

La lame antérieure donne trois branches (fig.22).

Le musculo-cutané est bien constitué, mais est transversal et oblique en bas : il croise la diaphyse humérale à 45°.

Le nerf cubital naît au niveau de la partie supérieure de la diaphyse humérale : il se déporte transversalement en bas et en dehors, en direction de la lame nerveuse postérieure, longe la partie interne de l'humérus puis de la tête du cubitus, sans contourner l'épitrochlée. On n'a pu le suivre au delà de la partie haute de l'avant-bras, ni voir s'il présentait l'anastomose avec le nerf médian.

Le nerf médian présente un tronc très court, oblique en avant, en dehors et en bas; puis il se coude en arrière et en dedans et s'épanouit aussitôt en deux groupes de deux branches terminales.

On n'a pu voir de nerf brachial cutané interne.

d) Comparaisons :

Notre embryon de 9mm peut utilement être comparé à ceux d'autres auteurs, car ce stade est celui qui a été relativement le plus étudié par eux.

Lewis a son 9 mm reproduit dans les classiques d'embryologie. Le plexus est fort semblable au nôtre; il reçoit une anastomose de C4. Sa forme est identique avec une plaque nerveuse massive mais qui ne comporte pas d'oeillet. Les rameaux sont semblables aux nôtres, mais

peut-être un peu moins évolués. Par exemple le médian se termine relativement haut par une extrémité cônique, alors que le nôtre présente des ébauches de division.

Elze bien que son plexus n'ait pas été entièrement reconstruit, (il manque C5) donne un plexus de 9,5 mm très semblable également. On peut noter en plus un nerf phrénique (que nous n'avons pas trouvé); par contre, le radial et le circonflexe semblent un peu moins évolués. (comparer les figures 5 et 22, ainsi que 6 et 24).

Huber présente un IO mm qui doit être assez semblable aussi, nous renvoyons le lecteur à la reproduction de son plexus, car il nous paraît assez difficile de juger d'après une figure aussi petite. (Voir sa reproduction figure 7).

Enfin Requena trouve un plexus de 9 mm qui est fondamentalement identique aux précédents (fig.8) mais qui en diffère cependant par quelques points: il semble plus allongé, plus surbaissé et moins triangulaire, moins massif aussi, cette apparence tient sans doute à deux gros oeilletons : l'un au niveau supérieur de C5, dans la lame commune, et l'autre, plus bas et plus externe, dans la racine de la lame postérieure; enfin il existe aussi un oeillet artériel. Le plexus présente une anastomose avec C4 et un épaississement de la première dorsale (trouvé par tous les auteurs).

4- EMBRYON DE II mm

(Taille corrigée)

Cet embryon de II mm n'offre pas de grande différence avec le précédent quant à sa plaque plexuelle, ses branches terminales sont seules, légèrement plus évoluées.

a) Origines:

Le plexus, construit du côté droit seulement, prend origine dans les 4, 5, 6, 7, et 8ème nerfs cervicaux et le premier dorsal (fig.28).

Les racines antérieures et postérieures offrent les mêmes caractères généraux que celles de l'embryon précédent, et les ganglions spinaux sont accolés.

Les nerfs formés ont approximativement la même direction que sur le 9 mm, tant dans le sens transversal que dans le sens vertical.

Les branches postérieures des nerfs mixtes sont assez grêles, récurrentes et bifurquées, parfois même trifurquées. Elles sont d'autant plus grêles et leur point de départ plus externe, que les branches sont plus bas situées (figure 29).

Entre C5 et C6, il existe un pont de substance nerveuse formant oeillet, de même entre C8 et DI.

Le cordon sympathique envoie un rameau à C4 et deux à DI.

b) Le Plexus :

Le "plexus" formé par l'ensemble des nerfs d'origine , est fort ressemblant à celui du 9 mm, et se

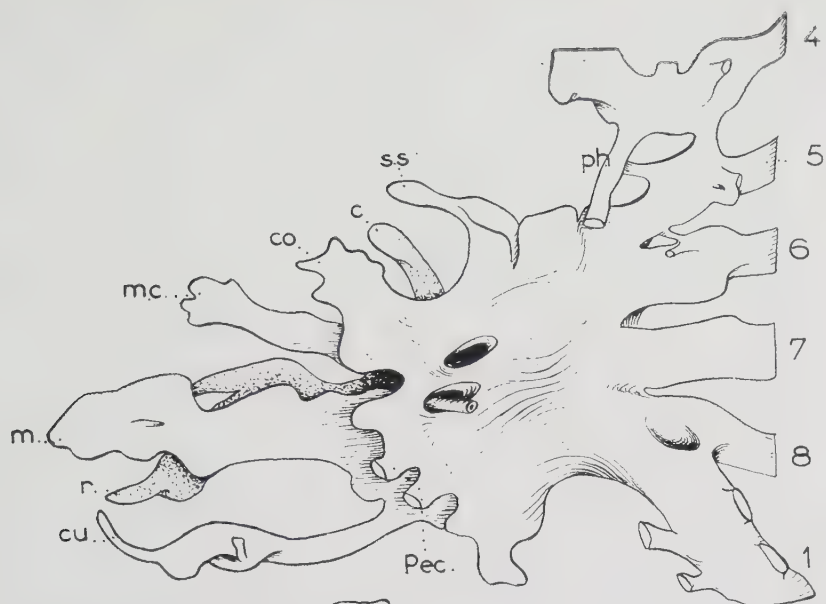


Figure 28

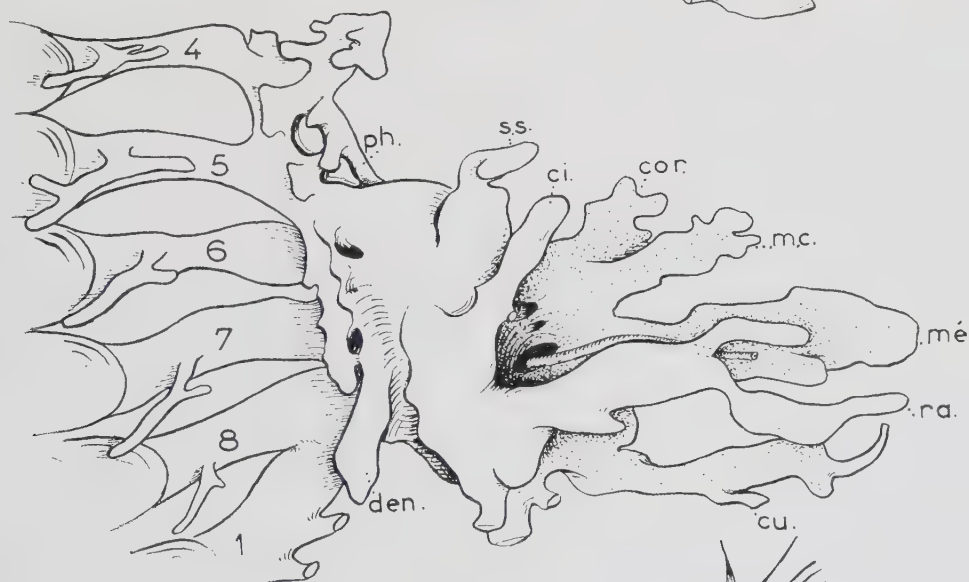


Figure 29

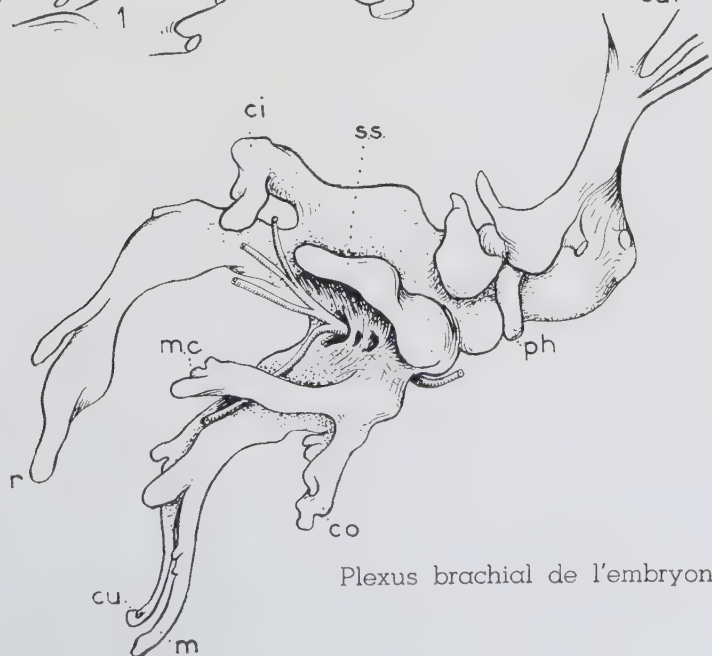


Figure 30

Plexus brachial de l'embryon de 11 mm.

présente comme une plaque nerveuse de forme trapézoïdale, légèrement concave en avant, et où il est difficile de reconnaître des " troncs primaires ". On rencontre ici encore deux œillets superposés percés dans la partie externe de la plaque, et dont le plus inférieur laisse passer l'artère du membre supérieur (fig.28).

Comme pour le plexus de l'embryon précédent, la plaque nerveuse se divise ensuite en deux lames d'où sortent les nerfs du membre supérieur, les deux lames ont une direction identique à celle qu'elles offrent sur le 9mm, mais se sont allongées relativement au corps du plexus. Elles ont tendance après un trajet un peu dissemblable, à devenir ensuite parallèles entre elles et aussi à l'axe du corps (voir fig.30).

Les collatérales du plexus sont très semblables à celles du 9 mm, avec en plus, des branches partant de sa partie basse (DI) et se dirigeant vers le bas ; nous ne pouvons les identifier avec certitude.

c) Nerfs du membre supérieur :

Lame postérieure.-

La lame postérieure n'a pas l'aspect feuilleté qu'elle présente sur le 9 mm, elle est au contraire compacte et se divise très vite en donnant le nerf circonflexe ascendant et un peu oblique en dehors, et le nerf radial, beaucoup plus long. Celui-ci se divise en une branche grêle (supérieure) et une branche épaisse (inférieure).

Lame antérieure.-

La lame antérieure donne trois branches : le musculo-cutané, légèrement ascendant, le médian qui présente déjà l'aspect d'une lame qu'il aura encore plus nettement

sur les embryons plus âgés, et le cubital qui, à son extrémité, se recourbe en croche vers le haut, en direction de la lame du médian qu'il n'atteint d'ailleurs pas. En cours de route le cubital a émis un rameau inférieur à direction postérieure.

Enfin, le brachial cutané interne et son accessoire sont peut-être (?) représentés par des rameaux que nous avons mentionnés plus haut, et qui se détachent de la partie la plus basse du plexus.

d) Comparaisons :

Notre plexus de II mm ne peut guère être comparé qu'à celui de Lewis, de même taille; il en présente en effet la plupart des caractéristiques, bien qu'on ne puisse distinguer que très mal, sur le nôtre, les troncs primaires.

5- EMBRYON DE I3, 5 mm

L'embryon de I3,5 mm est déjà très développé et ici seulement, on peut trouver véritablement ce que l'on peut appeler des "trunks" nerveux et non plus des lames plus ou moins ajourées par des oeillets. Cependant, ces trunks sont encore assez trapus et n'ont pas encore l'allure cordiforme qu'ils prendront un peu plus tard.

a) Origines :

Le plexus a été construit du seul côté droit. Il prend origine dans les 4 derniers nerfs cervicaux et le premier dorsal selon la description classique. Il n'y a pas d'anastomose avec C4 ni avec D2 (fig.31).

Une longue nappe nerveuse englobant les ganglions spinaux : cervicaux et dorsaux supérieurs, donne les racines postérieures; les interstices trouvés entre les racines peuvent être artificiels.

Les racines antérieures sont si peu nettes sur cette pièce que l'on a renoncé à les reconstruire.

Les nerfs rachidiens formés se portent d'abord en avant, puis au dehors où ils formeront le corps du plexus.

L'obliquité des branches antérieures, dans le sens vertical, reste stationnaire par rapport au 9 et au II mm, et le nerf le plus horizontal est encore le 8ème cervical.

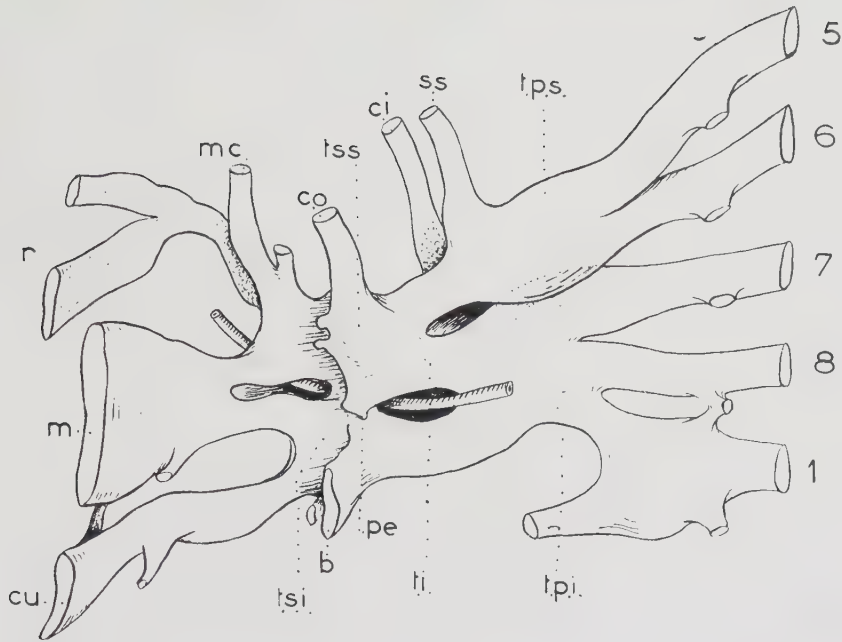


Figure 31

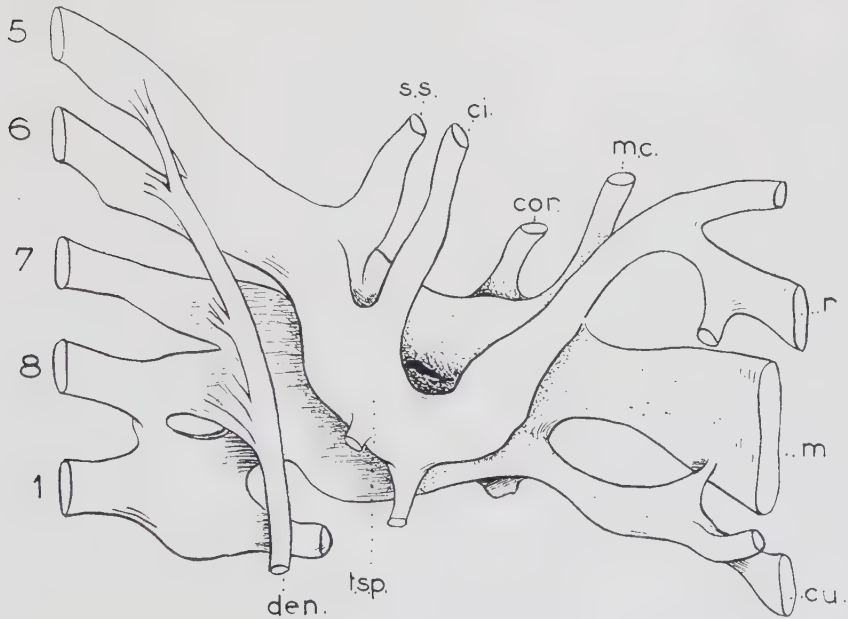


Figure 32

Plexus brachial de l'embryon de 13,5 mm.

Figure 31. — Vue antérieure.

Remarquer l'allure tronculaire des constituants du plexus, et l'anastomose entre le cubital et la palette du médian.

t.p.s. — Tronc primaire supérieur.

t.p.i. — » » inférieur.

t.i. — » intermédiaire.

t.s.s. — » secondaire supérieur (ou externe).

t.s.i. — » » inférieur (ou interne).

b. — Brachial cutané.

Figure 32. — Vue postérieure.

Le tronc secondaire postérieur (t.s.p.) a une forme en U. - den. : Nerf du grand dentelé.

Les branches antérieures formant le plexus, ont un calibre inégal : la plus grosse étant C8, et la plus grêle DI.

Il n'y a rien à signaler de spécial au sujet des branches postérieures des nerfs rachidiens.

La chaîne sympathique communique avec le plexus par plusieurs rameaux : 2 avec C5, 1 avec C6, 1 avec C7, 1 avec C8, 2 avec DI, (et 2 avec D2).

b) Le plexus :

Le plexus poursuit la direction indiquée pour les nerfs rachidiens qui lui donnent naissance (voir fig.33)

Il est encore de forme vaguement triangulaire, mais si sa base est restée à peu près comparable à elle-même, sa direction transversale a augmenté.

Le plexus ne présente pas, à part le lieu de passage de l'artère, d'oeillet plus interne que lui : par contre, en dehors, à l'origine de la lame antérieure, il en existe un à direction transversale.

Ici encore, on peut considérer, et de façon beaucoup plus nette que pour les deux plexus précédents, l'existence de troncs primaires: (fig. 26-4) les deux racines supérieures C5 et C6 donnent le tronc primaire supérieur classique ; les trois racines inférieures (C7, C8, DI) se réunissent en une lame, à laquelle on donnera la valeur d'un tronc primaire inférieur.

Celui-ci se divisera en deux parties :

En haut un " tronc intermédiaire " rejoint le tronc primaire supérieur et le retransforme en plaque nerveuse; cette dernière prend alors la signification d'un tronc secondaire (qu'il conviendrait d'appeler ici " supérieur ").

En bas, un tronc secondaire " inférieur "

Les deux troncs secondaires surgissent de nouveau en dehors de l'oeillet artériel, en formant plaque. C'est cette dernière qu'il convient de considérer comme étant à l'origine du V. du médian (lorsque les troncs se seront allongés et auront pris une allure codiforme).

Le plexus se clive en deux lames : une antérieure pour les fléchisseurs et une postérieure pour les extenseurs comme pour le cas des plexus précédents. Mais ici une distinction capitale est à faire selon nous, à savoir que le niveau latéral où se fait cette division en deux lames varie avec le degré de développement du plexus.

Dans le cas présent, ce clivage s'effectue à la hauteur des troncs primaires, alors que pour le 9 mm, il s'effectuait au niveau de ce qui équivalait aux troncs secondaires.

" Tout se passe comme si ", lorsque le plexus croît, la division en " lames " puis en " branches " antérieures et postérieures, se faisait de façon de plus en plus interne, en " remontant " le long des nerfs.

De fait, ceci n'est peut-être qu'une apparence, car, si même de façon relative les origines des branches postérieures semblent glisser vers le dedans le long des branches antérieures, cette division se fait quand même de façon absolue à un niveau de plus en plus externe par le seul fait de la croissance d'ensemble de tout le plexus.

Cette simple constatation explique que l'artère du membre supérieur, qui sur un embryon de 9 mm passait dans son " oeillet " juste à la division de la plaque nerveuse primitive en ses deux lames (voir fig.22), passera sur des sujets plus âgés, et aussi chez l'adulte uniquement dans la lame antérieure qui se sera alors étirée en ses troncs définitifs.

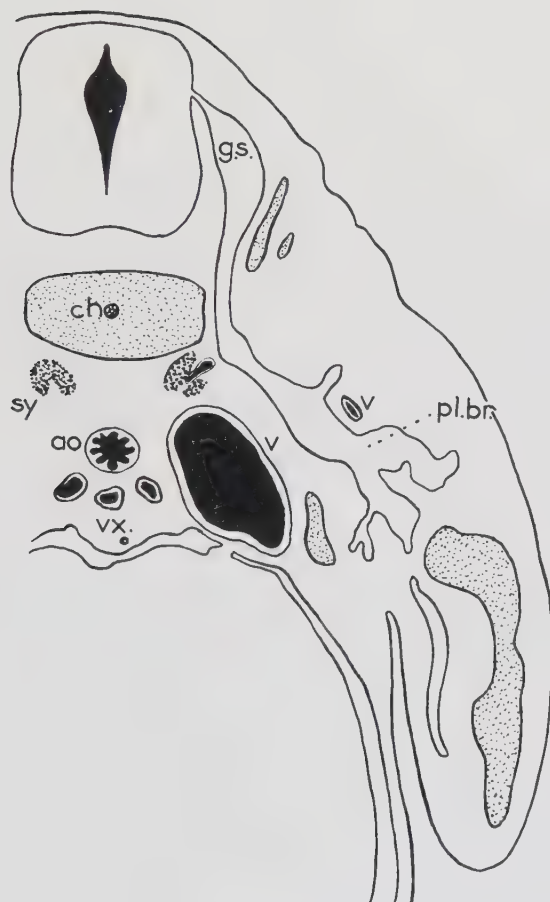


Figure 33

Coupe de l'embryon de 13,5 mm.

De plus, il semble bien que la séparation des branches postérieures d'avec les branches antérieures, débute vers le haut du plexus et que l'accollement persiste plus longtemps dans la partie basse de celui-ci.

On comprend dès lors comment le plexus brachial à partir de ce stade, se transformera progressivement en plexus adulte. Les changements se faisant graduellement de la manière expliquée plus haut, avec en plus, les variations dans les proportions et dans l'orientation de l'ensemble, les plexus plus âgés que nous étudierons ne nous réserveront plus de " surprises " et n'auront plus qu'un intérêt de jalons.

Le plexus brachial donne ses collatérales habituelles : un nerf du grand dentelé (provenant de C6, et C7, et un peu de C5 et C8), un gros nerf sus-scapulaire (du tronc primaire supérieur), des nerfs pour les muscles pectoraux provenant de presque toutes les racines, et enfin un gros nerf ascendant latéro-coracoïdien que Requena appelle " nerf coracoïdien ".

c) Nerfs du membre supérieur :

Le nerf circonflexe (fig.32) naît essentiellement de C5 et C6 et cravate la tête humérale et le col de l'humérus.

Le nerf radial prend naissance dans les branches postérieures des troncs : intermédiaire et primaires, sans qu'il soit possible d'explicitier davantage, il a très probablement une origine fort étendue. Après avoir contourné l'humérus , il se divise en ses deux branches (sensitive et motrice).

Le nerf musculo-cutané est bien individualisé et forme un tronc unique. Il croise le diaphyse humérale à angle presque droit.

Le nerf médian est très particulier, il se résoud en une lame nerveuse qui débute en haut de l'avant-bras et se termine à la base des métacarpiens : elle est perforée par endroits.

Le cubital naît fort bas, immédiatement au-dessus du tubercule épitrochléen; sa branche superficielle s'anastomose nettement avec le médian.

Le nerf brachial cutané interne est encore grêle et imprécis.

d) Comparaisons :

Ce plexus n'est guère comparable qu'à celui de I4 mm de Requena qui, malgré son étiquetage, présente des caractères qui le font apparaître comme moins évolué que le nôtre de I3,5 mm. En effet, l'auteur décrit et figure (fig.9) un plexus encore particulièrement massif et dont on ne peut facilement grouper les origines en troncs primaires, Ses racines proviennent outre de celles classiques, de D2 par une assez forte anastomose. Immédiatement après, 4 oeillets perturbent absolument la morphologie originelle du plexus. L'artère passe dans un oeillet situé encore très près de la division de la plaque nerveuse du plexus, en ses deux lames.

Le musculo-cutané n'a pas été trouvé par Requena qui le considère comme inclus dans la masse du médian.

Ce fait est assez différent de ce que nous avons trouvé sur notre pièce où existe un nerf musculo-cutané bien marqué .

Tous ces faits font apparaître le plexus de 14 mm. de Requena comme étant très primitif.

6 - EMBRYON DE 15 mm

Il a été reconstruit du côté droit, et seulement à partir du niveau de ses nerfs rachidiens (branches antérieures) d'où impossibilité de déterminer avec précision son orientation par rapport au plan médian sagittal du corps.

Je n'ai pas l'intention de détailler ce plexus à la façon des précédents, mais simplement de le comparer à ceux-ci.

En effet ce plexus, bien que de relativement grande taille, est à un stade d'évolution comparable au I3,5 mm, et peut-être encore davantage au I4 mm de Requena, pourtant manifestement plus primitif de notre I3,5 mm.

Ceci amène à faire des réserves sur la valeur des mesures de longueur du corps embryonnaire, et il convient de considérer moins les valeurs théoriques que le degré évolutif réel de l'embryon, car il peut exister des embryons petits et évolués, et des embryons plus grands et plus primitifs. (Celui-ci a été mesuré à I7 mm, et l'on pourrait aussi bien l'étiqueter I4 que I5 mm).

Quoiqu'il en soit, le plexus de l'embryon considéré comme I5 mm (!) prend origine dans les racines classiques, avec une anastomose supplémentaire en C4. (voir fig.34).

Il se tasse immédiatement après en une lame compacte indivise, où l'on ne peut reconnaître de troncs primaires. Cependant, on retrouve, outre l'oeillet artériel, un second oeillet dans la partie haute du plexus. Cet endroit correspond à celui où, sur le plexus de I3,5 mm se trouve le cul-de-sac de l'interstice entre le tronc primaire supérieur et le tronc dit " intermédiaire " (voir fig.31)

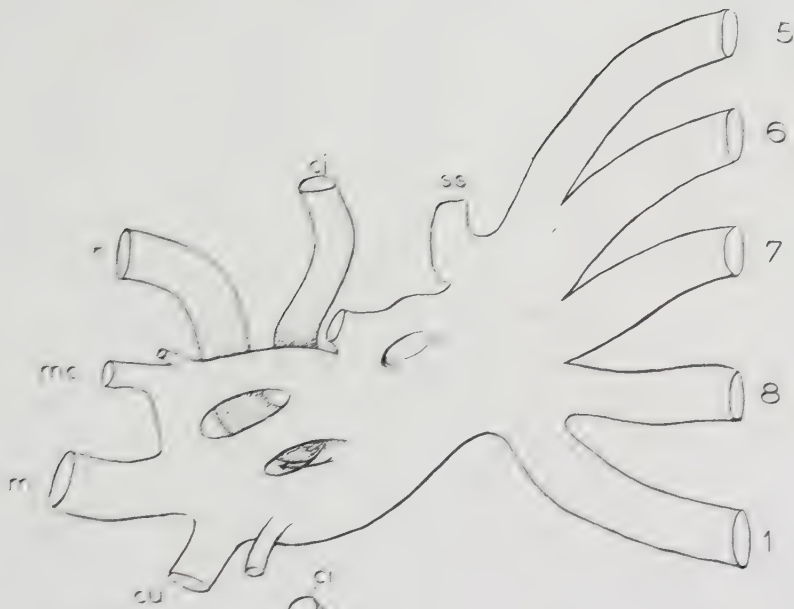


Figure 34

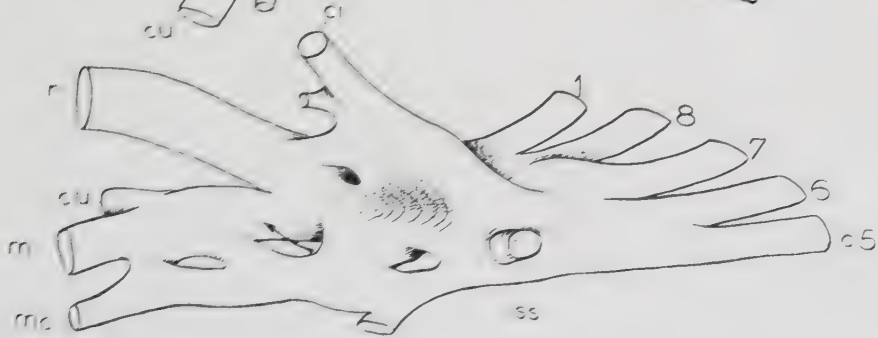


Figure 35

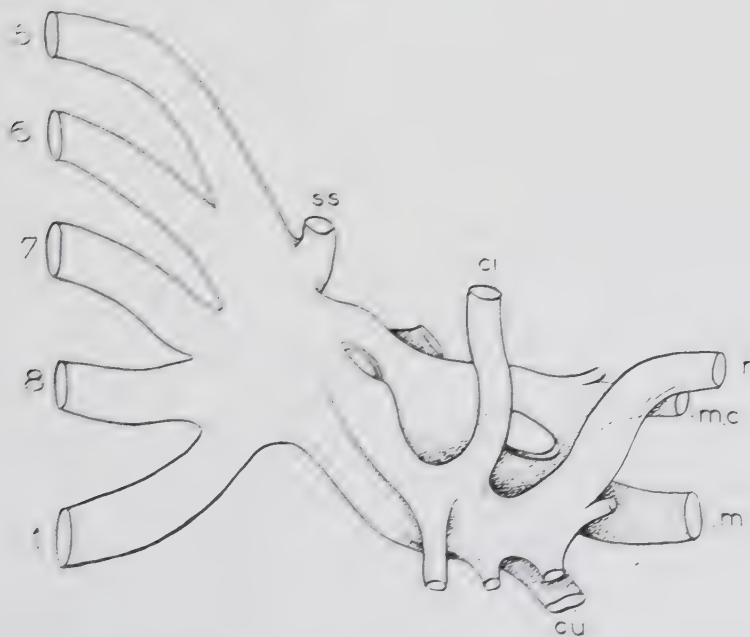


Figure 36

Plexus brachial de l'embryon de 15 mm.

Figure 34. — Vue antérieure.

Figure 35. — Vue supérieure.

Figure 36. — Vue postérieure.

et tout se passe comme si, sur le 15 mm, il y avait eu coalescence (peut-être artificielle) entre le tronc primaire supérieur et le tronc primaire inférieur au niveau où le premier tend à passer au devant de l'autre par une inflexion inférieure (voir fig.31).

Ainsi se trouve rétablie la correspondance entre ces deux stades, et il suffit de rapprocher les figures 34 et 31 pour retrouver, par rapport aux oeillets, les troncs primaires et secondaires.

Le plexus se clive également en deux lames (fig.35) assez comparables à celles décrites à propos du plexus de l'embryon de 13,5 mm.

La lame postérieure ou postéro-externe, (fig.36), est en tous points semblable à la précédente, (fig 32) et elle présente un petit oeillet vers son origine provenant d'une anastomose envoyée du circonflexe au radial, et visible par le dessus (fig.35).

La lame antérieure (ou antéro-interne) possède comme celle du 13,5 mm, un oeillet vers son origine, mais, présente un médian tronculaire et non sous forme de lamelle.

7- EMBRYON DE 17 mm

Il a été reconstruit du côté droit avec ses origines et la moelle. Son stade suit celui de l'embryon de 13,5 mm. Il présente des éléments dont on peut bien suivre la croissance à partir de ce dernier,

a) Origines :

Les nerfs du membre supérieur de cet embryon proviennent tous des branches antérieures des derniers nerfs cervicaux (à partir de C5) et de D1, de façon donc très classique. Il n'y a pas de rameau brachial de C4 ni de rameau de D2 (voir fig.37).

De même que pour l'embryon de 13,5 mm, il y a confluence des ganglions spinaux sauf dans la région dorsale supérieure (voir fig.38).

Les nerfs rachidiens formés se portent en dehors (par rapport au plan sagittal). L'obliquité en bas des branches antérieures s'est légèrement accrue.

Les branches postérieures sortent précocement, elles sont récurrentes, grêles, et bifurquées.

Le ganglion stellaire, visible ici, échange des rameaux communicants avec le plexus brachial : 2 avec C8 (dont 1'un par l'intermédiaire du nerf vertébral), 3 avec D1, (et 2 avec D2). Le ganglion sus-jacent ne donne pas de rameaux importants décelables par la technique employée.

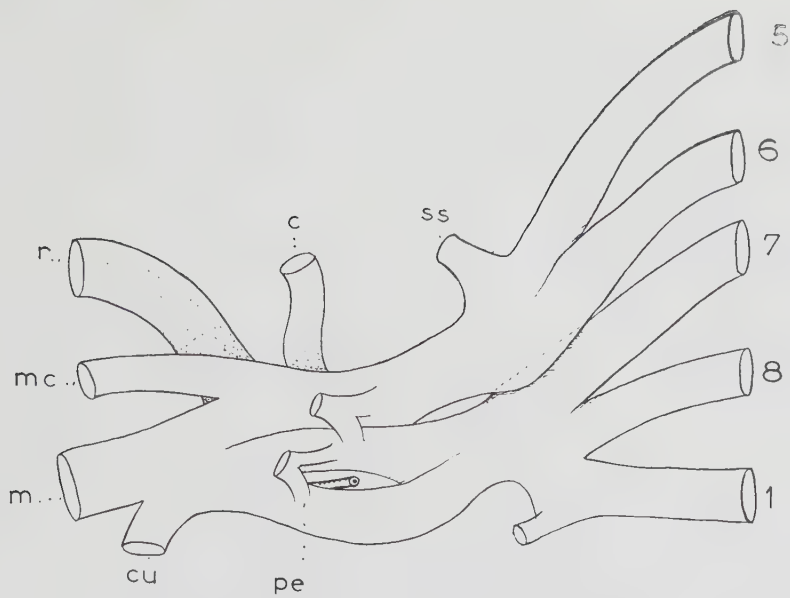


Figure 37

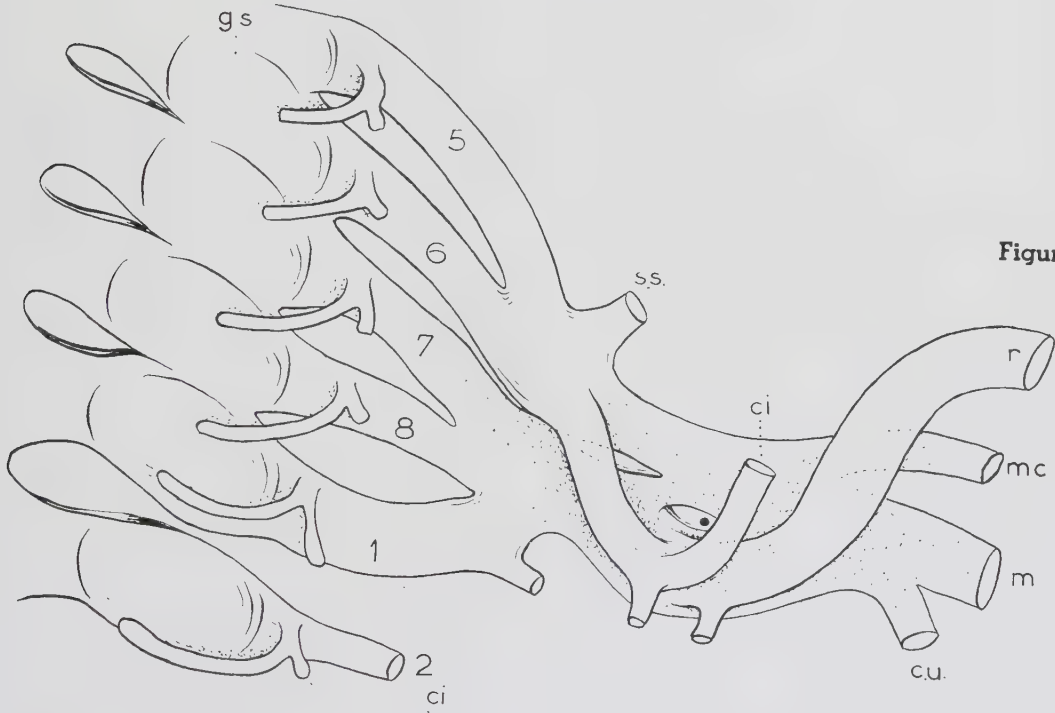


Figure 38

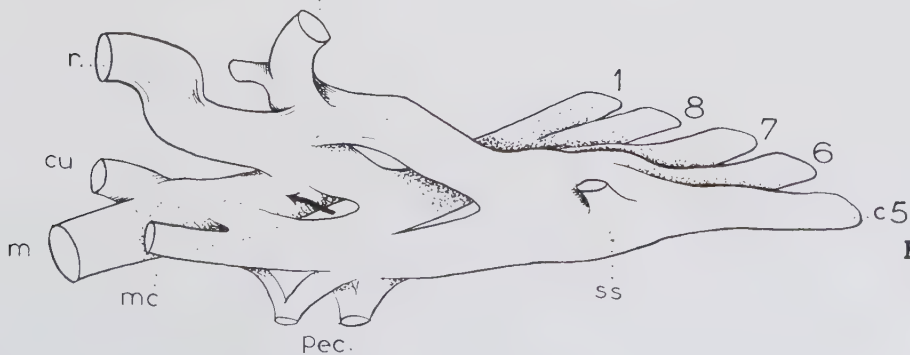


Figure 39

Plexus brachial de l'embryon de 17 mm.

Figure 37. — Vue antérieure.

Figure 38. — Vue postérieure (g. s. = ganglions spinaux).

Figure 39. — Vue supérieure.

b) Le plexus :

De forme triangulaire, il s'est allongé, et les branches terminales antérieures continuent sa direction pour ensuite se diriger en avant et former une concavité interne. Les branches terminales postérieures se portent en dehors puis en avant, en formant donc par rapport au reste, un trajet de baïonnette.

A part deux espaces situés entre les origines des nerfs pectoraux, il n'existe pas d'oeillet dans le plexus, sauf celui pour le passage de l'artère, et l'ensemble est en tous points comparable au plexus de l'embryon de 13, 5 mm.

Les troncs sont déjà bien formés, et l'on peut considérer la structure comme étant identique à celle du 13,5 mm (bien que ne répondant pas au schéma classique):

C5 et C6 en se réunissant donnent un tronc primaire supérieur.

C7, C8 et D1 donnent par leur réunion, le tronc primaire inférieur qui, après un court trajet va se diviser en un " tronc intermédiaire " et un tronc secondaire inférieur ou inféro-interne.

Le tronc intermédiaire assez long va rejoindre le tronc primaire supérieur pour donner un très court tronc secondaire supérieur ou supéro-externe.

Le .V. du médian se trouve formé par ces deux troncs secondaires. En fait, dans le cas présent, l'oeillet artériel a pour plafond dans sa plus grande partie le tronc intermédiaire, si bien que l'extrémité du plexus semble formée plutôt par la réunion du tronc primaire supérieur, du tronc intermédiaire et du tronc secondaire inféro-interne.

Ceci ne constitue à vrai dire qu'une simple variante par rapport au plexus de l'embryon de 13,5 mm et même aussi par rapport au 15 mm.

La lame antérieure de division du plexus donne les branches que nous décrirons.

La lame postérieure en fait est réduite à un tronc : tronc secondaire postérieur qui se détache, en haut précocement du tronc primaire supérieur (voir figures 38 et 39), descend en arrière de l'origine du tronc intermédiaire, donne un nerf circonflexe qui emprunte beaucoup de ses fibres. Il continue en recevant du tronc primaire inférieur un fort contingent qui, en se relevant à la manière d'un .U. donnera le nerf radial (fig.38). Cette forme en .U. du " tronc" secondaire postérieur, est retrouvée dès le stade 13,5 mm et aussi dans le 15 mm.

Le plexus brachial donne ses collatérales habituelles, cependant certaines sont décalées vers les branches terminales. Le nerf sus-scapulaire est très volumineux. Les nerfs pectoraux sont très chevelus, embroussaillés et terminés en massue.

c) Les nerfs du membre supérieur :

Comme précédemment, nous ne considérerons que leurs origines, sans les suivre sur tout leur trajet.

Le nerf circonflexe.-

Il cravate la tête de l'humérus (et non le col) après avoir donné les nerfs du sous-scapulaire et du petit rond.

Le nerf radial.-

Donne le nerf du grand dorsal, et décrit le

trajet indiqué plus haut, après lequel il s'enroule autour de l'humérus.

Le nerf médian provenant des troncs : primaire supérieur, secondaire inféro-interne, et intermédiaire, (ce qui équivaut aux deux troncs secondaires) est très volumineux, aplati se terminera en ses branches classiques.

Le nerf musculo-cutané sort assez vite du tronc primaire supérieur.

Le nerf cubital naît au dessous et au même niveau que le médian. (Il passera en avant du pisiforme et donnera une anastomose au médian dans la région de la main).

Le brachial cutané interne est très grêle et nous n'avons pas vu son accessoire.

d) Comparaisons :

A part les comparaisons faites avec nos propres pièces moins évoluées, on pourrait peut-être parler encore du 35 mm de Requena (voir fig.10).

Par rapprochement avec nos résultats, ce dernier est vraiment atypique et primitif pour un embryon de cette taille, puisque, malgré sa longueur théoriquement double de celle de notre embryon de 17 mm; le 35 mm de Requena offre un développement morphologique très en retard, et que l'on pourrait à la rigueur comparer à celui de notre 15 mm: il offre une série d'oeillets très proches de l'émergence des nerfs, sans troncs primaires ni secondaires, avec encore une lame nerveuse compacte ...etc...

Par ailleurs, certaines particularités observées à propos du musculo-cutané et jamais rencontrées sur nos pièces, pourraient faire penser à un foetus anormal ou tout au moins aberrant.

8 - EMBRYON DE 27 mm

Celui-ci très évolué, n'offre pratiquement rien de spécial quand on le compare au plexus de l'adulte, et si nous le signalons, c'est par souci d'homogénéité, et pour fournir des documents aux chercheurs éventuels qu'intéresserait de problème. De plus, il est d'un type différent du précédent comme on le verra.

a) Origines :

Ce plexus, étudié du côté droit, n'a été reconstitué que loin de la sortie de ses nerfs rachidiens d'origine (du moins dans la partie haute). C'est pour cette raison que l'on ignore s'il existe une anastomose de C4. Par contre, le plexus en contracte une avec D2 (fig.40).

On ne peut rien dire de ses racines, ni de sa direction exacte par rapport au plan sagittal.

Le sympathique latéro-vertébral envoie des rameaux à sa partie basse : 2 à C7, (dont un direct, et un qui s'accôle à C8 pour se terminer dans C7), I à C8 et I à DI : ces deux derniers s'accolent également un moment au nerf qui lui est inférieur pour se jeter dans celui indiqué.

b) Le plexus :

Il est triangulaire et s'allonge vers le bas et le dehors. Il répond au type classique, et non au type des plexus précédents : C5 et C6 se réunissent en un tronc primaire supérieur qui reçoit C7 séparément (tronc primaire



Figure 40

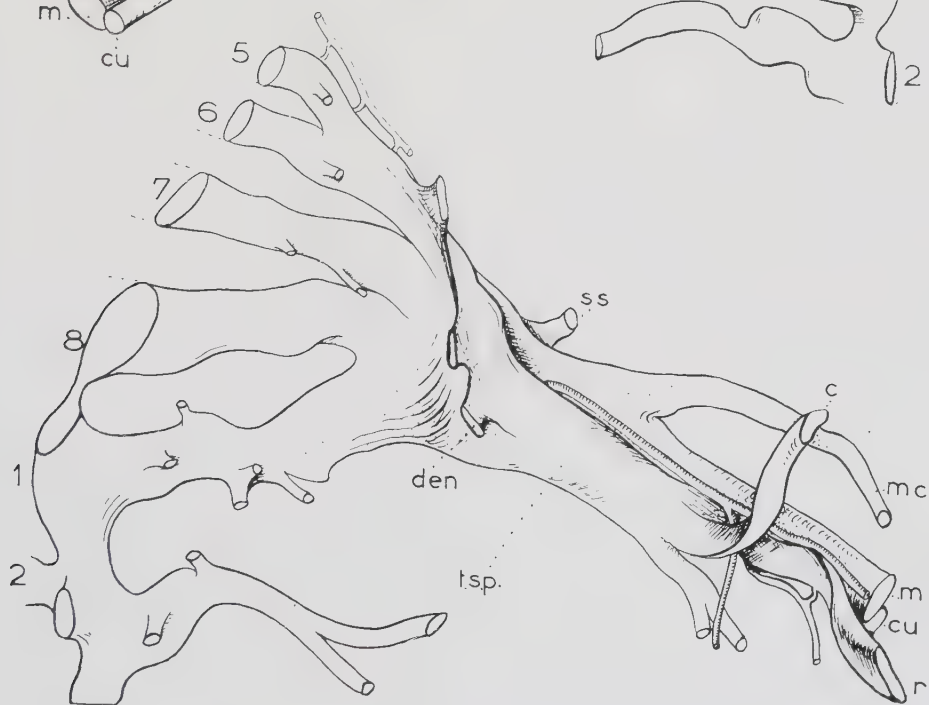


Figure 41

Plexus brachial de l'embryon de 27 mm.

Figure 40. — Vue antérieure.

Ce plexus correspond aux descriptions classiques et non aux précédents plexus. Il sera dit du type 2.

Figure 41. — Vue postérieure.

moyen) et l'ensemble forme le tronc secondaire antéro-externe.

C8 et D1 se réunissent en un tronc primaire inférieur qui tient lieu ensuite de tronc secondaire antéro-interne.

Les deux troncs secondaires antérieurs forment le .V. du médian.

Quant au tronc secondaire postérieur, il n'offre rien à signaler par rapport à celui de l'adulte, et le .U. décrit aux stades précédents s'est aplati et a perdu sa morphologie spéciale (voir fig.41).

Les branches collatérales et terminales du plexus n'ont rien de remarquable.

On peut expliquer la divergence de ce type par rapport aux précédents en mentionnant l'absence du " tronc intermédiaire " en dedans de l'artère, et ceci de la manière suivante : (I)

Il suffit d'admettre qu'à partir du stade 6 mm, où l'artère du membre supérieur a été décrite comme passant tangentiellement au bord supérieur de C7 (voir fig.42) et en arrière de la colonne anastomotique (type I), il existerait un autre type (type 2) hypothétique mais logique étant donné que nous n'avons reconstruit qu'un seul spécimen de 6 mm, où l'artère passerait en dessous de C7 et le resterait par la suite. Cela n'empêche pas que des fibres provenant de la partie moyenne du plexus de 6 mm se lancent en avant et en dehors, contournent l'artère par sa face externe, et contribuent à former la lame de division externe du plexus. Ainsi l'artère se trouvera en place entre les deux lames de division, comme dans le plexus de 7,5 mm.

(I) Ce problème sera repris au chapitre III

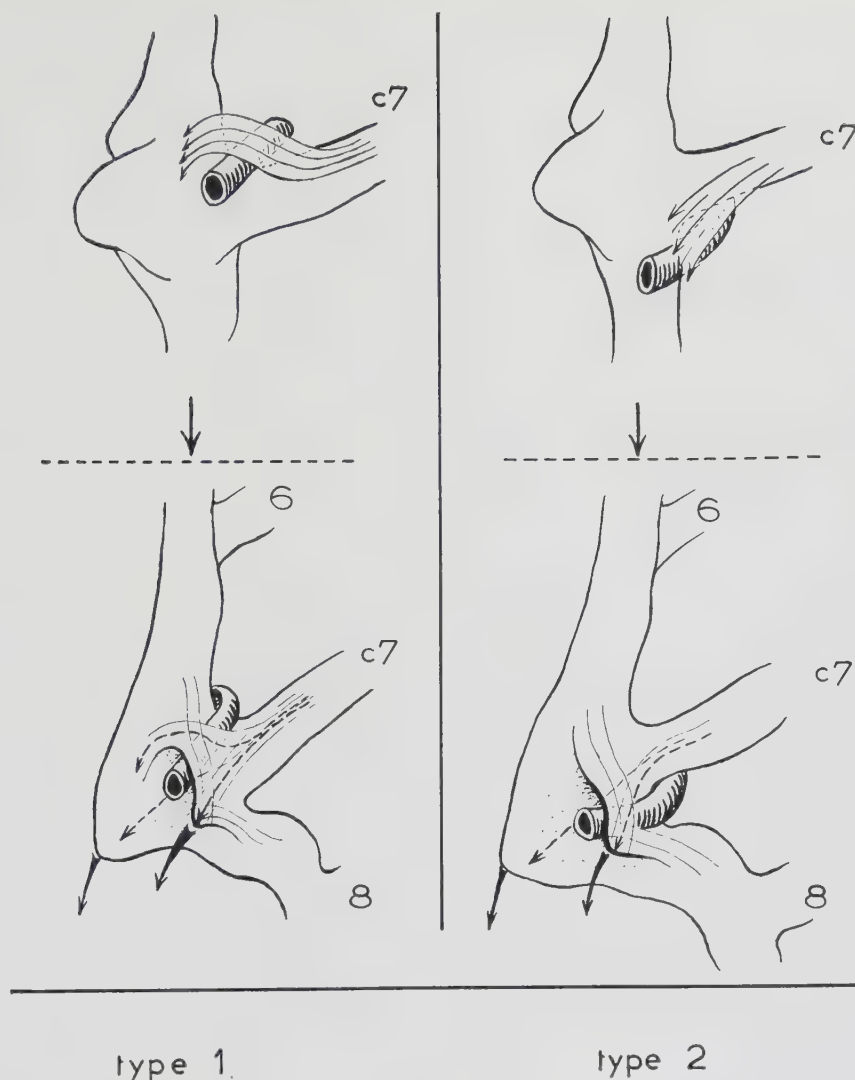


Figure 42

Mode probable de distribution des fibres dans la formation des feuillets, entre les stades 6 mm. (en haut) et 7,5 mm. (en bas), où l'artère sera comprise « dans » le plexus. (Vue externe du côté gauche du plexus).

A gauche : Type 1 observé.

A droite : » 2 hypothétique mais logique.

Dans le type 1. C 7 enverra des fibres (en tirets) dans 3 directions : dans la lame antérieure, dans la lame postérieure, et vers la lame antérieure en passant par-dessus l'artère ; c'est ce contingent qui donnera le tronc intermédiaire.

Dans le type 2. C 7 n'enverra pas le dernier contingent.

En plus de ces fibres, en ont été dessinées d'autres provenant d'étages supérieurs et inférieurs dans la direction du feuillet postérieur.

L'artère aura donc en arrière d'elle :

Dans le type 1 : les fibres du tronc intermédiaire (celles de C 7 qui la cravatent) et les fibres du tronc secondaire postérieur.

Dans le type 2 : l'artère n'aura en arrière d'elle que les fibres destinées au tronc secondaire postérieur.

(Voir aussi la figure 25, type 1 seulement).

Donc les différents types de plexus brachiaux, en dehors des considérations tenant à leurs origines, pourraient, du point de vue embryologique se réduire à deux catégories :

1°) Ceux qui (figure 43 a) possèdent un tronc intermédiaire provenant d'un tronc primaire inférieur, et dont les fibres proviendraient de C7. A ce schéma correspondent les types : 2, 3 et 5 de Jachimowicz (v.fig.58).

2°) Ceux qui (figure 43 b) ne possèdent pas de tronc intermédiaire et où C7 est réuni au tronc primaire supérieur, et formera avec lui le tronc secondaire supéro-externe. A ce type répondront les 1°, 4° et 6° de Jachimowicz (fig.58).

En fait, ce sont les rapports entre les fibres de C7 et l'artère du membre supérieur qui, à un stade très précoce (entre 6 et 7,5 mm), déterminent le type du plexus. Les autres variations ne peuvent être que d'importance secondaire. Le plexus est fixé définitivement à ce stade.

Il est évident que ces problèmes ne se posent pas pour le tronc postérieur.

CH A P I T R E II

ETUDE GENERALE DU PLEXUS BRACHIAL EMBRYONNAIRE

Faisant suite au précédent chapitre ayant trait à l'étude analytique de chacun des 8 plexus embryonnaires, il est maintenant nécessaire de grouper certains éléments déjà cités et de donner une vue synthétique de l'ensemble.

Pour reprendre le plan adopté pour chacun des plexus, il faut voir successivement les origines du plexus, le plexus lui-même dans sa forme et dans ses troncs; et enfin je terminerai par quelques notes sur le départ des branches collatérales et terminales du plexus sans insister davantage, ce point étant à la limite de cette étude.

I- Origines

Dans cette rubrique il faut distinguer entre :
les racines (avec les ganglions spinaux), et les nerfs
mixtes qu'elles forment.

A- Racines

Racines antérieures :

Ces racines sortent de la moelle étagée selon
les segments médullaires. Elles se groupent ensuite segment
par segment pour se joindre aux racines postérieures.

Il existe entre ces faisceaux convergents de
fibres correspondant à un niveau donné, un espace libre
plus ou moins grand où la moelle ne laisse pas sortir de
fibres. Ces espaces, peu importants sur l'embryon le plus
jeune (6mm) augmentent ensuite. Ce phénomène qui sera
retrouvé plus visible encore au niveau des racines posté-
rieures, correspond sans doute à l'accroissement de la
moelle dans ses portions intersegmentaires en rapport
avec l'évolution des fibres d'association.

Les racines antérieures apparaissent plus précocement
que les fibres des racines postérieures, ainsi que
cela a été indiqué au sujet de l'embryon de 6 mm; il suffit
pour s'en convaincre de considérer la vue latérale de ce
dernier (voir fig.17) pour constater encore, en avant des
ganglions spinaux, de nombreux " creux " indiquant le retard
de développement des racines postérieures, alors que les
fibres antérieures sont déjà relativement bien évoluées.

Racines postérieures :

Leur croissance est plus riche d'enseignements que les précédentes. Leur développement est intimement lié à celui des ganglions spinaux qui présentent plusieurs phases d'accroissement.

En effet, sur les embryons de 6 et de 7,5 mm, les ganglions sont bien individualisés : quadrangulaires chez le premier, ils ont tendance à s'effiler par l'avant et à s'accroître en hauteur par l'arrière chez le second, marquant ainsi déjà une tendance à la coalescence.

Chez l'embryon de 9 mm, c'est chose faite, il y a fusion des ganglions spinaux en une lame longitudinale encore discontinue. Ce phénomène s'affirme encore par la suite, et la lame devient continue à partir du II mm.

Enfin, on sait que par la suite, en des stades où la reconstitution n'est plus nécessaire pour visualiser le phénomène, les ganglions vont se séparer de nouveau et devenir nettement individualisés.

Pour interpréter ce qui précède il suffirait sans doute de faire intervenir comme pour les racines antérieures, l'antagonisme entre les croissances segmentaires et intersegmentaires.

Au début, (6 mm) les ganglions se forment mais n'ont pas encore atteint leur plein développement. Ils sont donc séparés.

Puis, (embryon de 9mm), la croissance du ganglion (croissance segmentaire) va aller plus vite que celle des espaces intersegmentaires : les ganglions vont se fusionner " par emboutissement ".

Enfin, le contraire va se produire et les ganglions arrivés au terme de leur évolution ne s'accroîtront plus que peu par rapport aux espaces intersegmentaires : ils vont donc se séparer de nouveau et s'éloigner les uns des autres.

Ceci semble être l'hypothèse la plus plausible.

Les fibres des racines postérieures subissent évidemment ces fluctuations, tout au moins celles situées entre le ganglion et la moelle, à tel point que chez l'embryon de II mm, la reconstruction montre une lame continue entre la nappe ganglionnaire et la moelle, avec seulement trois petites interruptions partielles presque inappréciables.

Les fibres situées en avant du ganglion ont, comme on l'a dit, une apparition plus tardive, et elles n'ont pas tendance à fusionner.

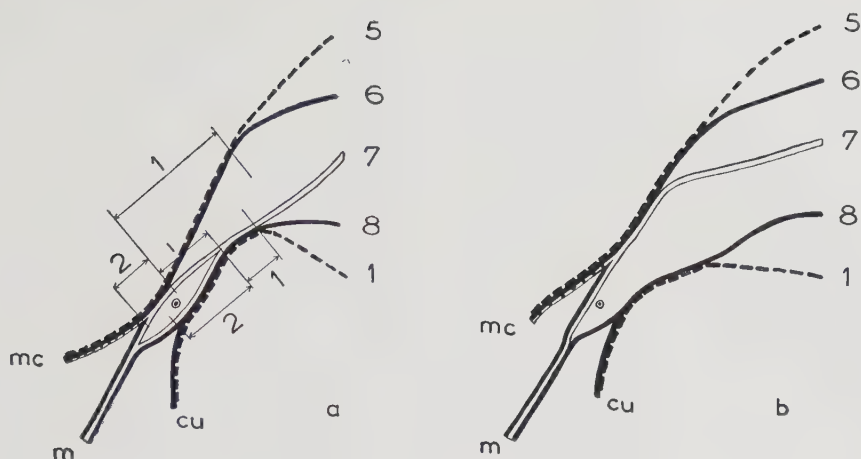
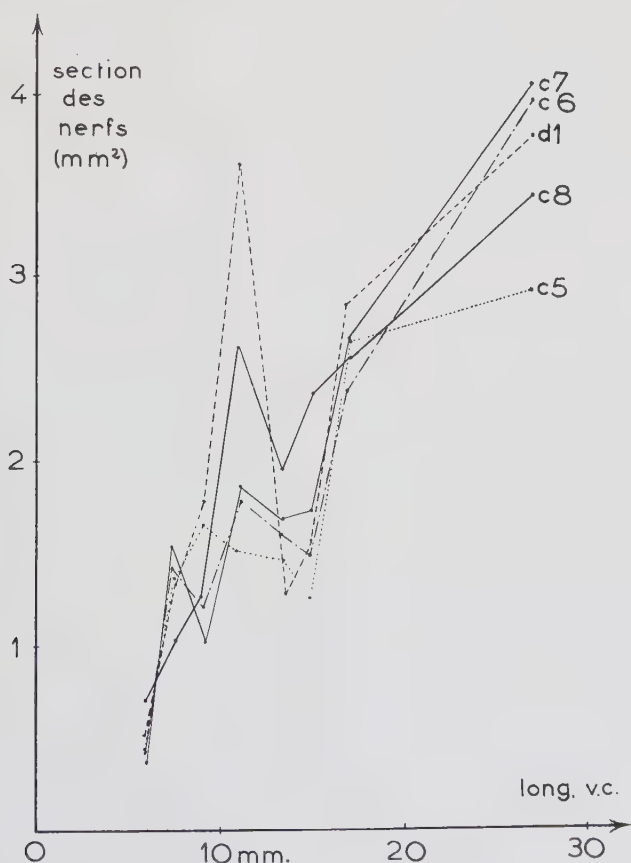


Figure 43

Distribution des fibres d'origine dans les plexus des deux types : 1 (a) et 2 (b). C 7 est en blanc, avec des points seulement dans sa portion qui se distribue au musculo-cutané (d'après SEBILEAU).

L'artère est représentée par un cercle, et les branches postérieures n'ont pas été figurées. En « α » on a noté les troncs primaires (1) et secondaires (2) (antérieurs), et aussi le tronc intermédiaire (i).



Graphique 46

Croissance des sections des nerfs mixtes (en mm.²), en fonction de la taille des embryons.

B- Les nerfs mixtes

Ils proviennent de la réunion des deux séries de racines, et il convient d'en considérer la distribution, l'importance, les anastomoses et les branches.

I- Distribution

Dans le tableau 44 se trouvent résumées les origines du plexus pour les 8 cas étudiés par nous.

Les chiffres horizontaux représentent la longueur V.C de l'embryon, les hauteurs de sortie des racines ont été portées verticalement. La présence d'une croix dans une case correspond à la présence de la racine considérée, le signe + - signifie anastomose grêle et, lorsqu'il n'y a pas de certitude sur l'existence de l'anastomose avec C4, par suite d'un début assez bas de la reconstitution; on a signalé ce fait par un point d'interrogation.

Les origines des nerfs de l'embryon de 9 mm ont été notées du côté droit et du côté gauche puisque ce dernier a été reconstruit de façon bilatérale.

T A B L E A U 44

	6 mm	7,5	$\frac{9}{D-G}$	II	13,5	15	17	27
C4		?	+	+		+		?
C5	+	+	+	+	+	+	+	+
C6	+	+	+	+	+	+	+	+
C7	+	+	+	+	+	+	+	+
C8	+	+	+	+	+	+	+	+
DI	+	+	+	+	+	+	+	+
D2	+ -	+ -	+					+

Il ressort de ce tableau que, (sur nos pièces du moins) les racines classiques : 4 dernières cervicales et première dorsale, sont constantes ; et qu'il peut exister avec à peu près autant de chances, des anastomoses soit supérieures avec C4, soit inférieures avec DI et D2.

Je ne parlerai pas de plexus " préfixé " ni "post-fixé"; il est assez évident que dans ce domaine il puisse exister plusieurs types qui ont d'ailleurs été décrits par certains auteurs sans qu'il soit logique de faire " glisser " le plexus vers le haut ou vers le bas au cours de l'évolution, selon la présence d'anastomoses supérieures ou inférieures.

On se bornera donc au simple exposé des faits. Cependant, et à titre de curiosité, il faut signaler que Bielik P. a décrit chez le *Bradypus tridactylus* (Edenté), un plexus brachial absolument identique au plexus humain quant à sa morphologie, mais situé différemment : il prend ses origines en C7, C8, C9, C10 et DI, car cet

animal possède 9 vertèbres cervicales, cette simple observation signifierait que le plexus brachial des Mammifères, donc, de l'Homme, est lié au point de jonction de la moelle cervicale avec la moelle thoracique, et il serait formé essentiellement de 5 nerfs métamériques dont le dernier serait obligatoirement le premier nerf dorsal. Ainsi s'explique le rapport important entre le plexus et la première côte.

Les modifications de ce schéma n'auraient donc la valeur que de types de variations (I).

2- Importance des nerfs mixtes ;

Il est assez difficile de chiffrer celle-ci avec exactitude, à cause des erreurs dûes aux prises de mesure, au lissage de la pièce, aux anfractuosités de celle-ci, laissant difficilement place au pied à coulisse, à l'obliquité latérale de certains nerfs, et surtout du fait de l'irrégularité de ceux-ci - Voici mes chiffres sous toutes réserves : (tableau 45).

La longueur du nerf mixte est donnée indirectement par la lecture des chiffres qui seront proposés plus loin pour le plexus. Actuellement on se bornera à l'étude de la section des nerfs mixtes, à l'endroit où ceux-ci se trouvent formés par la jonction des racines ; antérieure et postérieure.

Soient : l'épaisseur e , mesurée en mm dans le sens transversal,....

.... et la hauteur h , mesurée dans le sens crânio-caudal.

(I) car le type 6 de Jachimowicz ne possède pas de DI.

Ces diamètres permettent de calculer une surface assimilable à une ellipse, $(S = \frac{chK}{4})$ en mm^2 , cette formule reste exacte quand la section du nerf se rapproche d'un cercle.

Ces mesures sont données uniquement pour les nerfs constamment présents (les anastomoses supérieures et inférieures étant essentiellement variables).

De plus, il faudra affecter chaque fois la surface précédente d'un rapport faisant intervenir le grossissement de chaque reconstruction, et l'on pourra dès lors considérer en mm^2 la section vraie et la comparer à celle des autres embryons.

T A B L E A U 45

	6 mm			7,5 mm			9 mm			11 mm		
	ép.	haut	S.V	ép.	haut	S.V	ép.	haut	S.V	ép.	haut	S.V
C5	5	21	0,41	I6	22	1,38	I4	30	1,65	I6	18	1,50
C6	5	21	0,41	I7	21	1,40	I2	25	1,18	I8	19	1,79
C7	5	19	0,37	I4	28	1,54	II	23	1	I8	20	1,88
C8	5	20	0,70	I4	19	1,04	I5	21	1,24	23	22	2,64
DI	7,5	16	0,47	I5	23	1,35	I8	25	1,77	29	24	3,64

	13,5 mm			15 mm			17 mm			27 mm		
	ép.	haut	S.V	ép.	haut	S.V	ép.	haut	S.V	ép.	haut	S.V
C5	I6	I7	1,42	I2	I3	1,22	I7	20	2,67	I7	22	2,94
C6	I8	I7	1,60	II	I7	1,47	I6	I9	2,39	I8	28	3,96
C7	I6	20	1,67	I3	I7	1,73	I7	20	2,67	I9	27	4,03
C8	I5	25	1,96	I5	20	2,36	I8	I8	2,54	20	22	3,45
DI	I2	20	1,25	II	I8	1,55	I8	20	2,83	20	24	3,77

Les chiffres du tableau 45 résument les faits, et ont servi à établir les courbes figurées en 46. Malgré tous les facteurs d'erreurs, il en ressort des conclusions de deux ordres :

a) Suivant l'âge de l'embryon :

Vers le stade de 8 et II mm, le nerf le plus gros est DI. C'est alors que la différence entre la section des racines consecutives est la plus nette. Avant ce stade et après lui, les différences relatives des sections sont moins marquées.

b) Suivant le nerf considéré :

Après un point de départ assez identique, la croissance s'accélère dans le sens : C5, C6, C7 donc, C7 croît plus vite que C6, et C6 plus vite que C5.

C8, commence à s'accroître plus vite que les 3 précédents, puis, sa vitesse d'accroissement devient inférieure à celle de C6 et C7.

DI, a une destinée très analogue à C8, mais avec des caractères encore bien plus marqués, il commence à croître encore plus vite que C8, au début, a un maximum vers l'âge de II mm (V.C.), puis va moins vite que C8.

Ces quelques considérations ne sont valables, bien entendu, que dans l'intervalle d'âge des 8 embryons étudiés et avec toutes les réserves qui ont été évoquées.

Les résultats obtenus au stade 27 mm sont intéressants quand on les compare aux chiffres donnés par Hovelacque pour l'adulte : successivement de C5 à DI il trouve en cm^2
3,5 - 5 - 4,5 - 4,5 - 4,5.

Ainsi on trouve dès le stade 27 mm : 3 caractères existant déjà chez l'adulte :

C5 est la racine la plus faible.

C6 se trouve très près de l'importance de C7 : la plus forte.

C7, C8 et DI sont groupés dans la zone de moyenne importance.

3- Anastomoses avec la chaîne sympathique.-

Je ne ferai qu'énumérer dans le tableau 47 le nombre de ces rameaux communicants par rapport à chaque nerf mixte.

T A B L E A U - 47

	6 mm	7,5	$\frac{9}{D : G}$		II	I3,5	I5	I7	27
C4	?				I		?		
C5	?		I	2		2	?		
C6	?	I		I		I	?		
C7	?					I	?		2
C8	?					I	?	2	I
DI	?	2	I	I	2	2	?	3	I
D2	?	2	I	I		2	?	2	

Les résultats n'ont pu être notés pour le 6 et le I5 mm; le premier étant trop difficile à lire à ce point de vue, et le second n'ayant été reconstruit que distalement (au delà des anastomoses). Par contre, pour le stade 9 mm on a noté les résultats des deux côtés.

Il est impossible de proposer une systématisation quelconque de ces rameaux communicants qui semblent être d'une variabilité très grande.

4 - Branches :

Les rameaux postérieurs qui se détachent sont grêles, ils sont d'abord simples, puis sur les foetus plus âgés, on les a vus (dès II mm) bifurqués et même trifurqués; ils sont, en règle, descendants et récurrents.

La branche antérieure constitue l'origine du plexus proprement dit. Son calibre est pratiquement celui qui vient d'être étudié plus haut car la branche antérieure ne semble guère affectée du départ du rameau postérieur, et ce dernier se comporte volumétriquement à la manière d'une simple collatérale.

C'est à l'étude de la destinée de ces branches antérieures que l'on va passer maintenant avec celle du plexus à proprement parler.

II - LE PLEXUS

Seront étudiés : son évolution constitutionnelle, sa systématisation et ses changements de morphologie et de position.

I- Evolution constitutionnelle et systématisation:

La figure 26 schématise les principales étapes par lesquelles passe le plexus brachial avant d'arriver à sa texture définitive telle qu'elle a été décrite chez l'adulte par de nombreux auteurs. Je ne ferai que synthétiser ce qui a été dit déjà au sujet de chaque embryon.

Stade initial - 6 mm -

Les nerfs métamériques se jettent dans une colonne unique : la colonne anastomotique en forme d'accent circonflexe concave en dedans. Il n'y a aucune trace de troncs ni de branches.

Second stade - 7,5 mm -

La colonne anastomotique devient oblique par propulsion de sa partie supérieure en avant. De plus, elle engendre par sa partie moyenne, une lame triangulaire à base inférieure qui a tendance à se cliver déjà en deux feuillets. Elle sera le " corps " du plexus.

Le sommet de l'accent circonflexe observé précédemment se trouve à l'angle antéro-externe de la lame triangulaire, et a été porté en bas et en dehors. Il en résulte une déformation des deux branches de l'accent circonflexe : étirement de la branche supérieure, et incurvation de la branche inférieure.

Troisième stade - 9 mm -

La partie haute du plexus reste identique à ce qu'elle était sur le stade précédent. Toutes les transformations siègent dans les portions moyenne et inférieure. La lame triangulaire s'est transformée en une plaque massive, quadrilatère, formant le " corps " du plexus, et se divisant en dehors en deux lames : antérieure pour les fléchisseurs, postérieure pour les extenseurs.

Le plexus ne présente pas encore de troncs à proprement parler, et ce n'est que par continuité avec les stades suivants que l'on peut essayer de les retrouver dès à présent en considérant l'emplacement des " oeillets " dans la plaque; (dont un laisse passer l'artère du membre) : un tronc primaire supérieur (C5, C6,) et un tronc primaire inférieur (C7, C8, DI).

Le premier se continue en un tronc secondaire supérieur après avoir été rejoint par un tronc intermédiaire provenant du tronc primaire inférieur. Ce dernier, après perte du tronc intermédiaire, prend nom de tronc secondaire inférieur.

Les deux troncs secondaires se réunissent en dehors de l'artère.

Les nerfs collatéraux et terminaux du plexus sont déjà visibles. Le II mm peut être assimilé à ce stade.

Quatrième stade - 13,5 mm -

Le plexus s'allonge et perd son caractère de plaque pour avoir maintenant une morphologie tronculaire.

On retrouve bien entendu les troncs cités précédemment pour le 9 mm, mais cette fois, ils sont nets

et les oeillets sont de véritables fentes allongées entre des troncs bien différenciés.

Les deux lames de division du plexus (lame antérieure et lame postérieure) voient leur transformation plus précoce en nerfs, et le point de clivage " semble " remonter le trajet des nerfs vers l'origine. Je me suis déjà expliqué sur ce point, antérieurement.

Le 15 mm appartient à ce stade, ainsi que le 17 mm où les caractères sont encore accentués.

Cinquième stade - 27 mm -

Le plexus a désormais tous les caractères du plexus de l'adulte :

Ainsi, le plexus, extrêmement simple au début, se complique de plus en plus mais en passant par des intermédiaires; et d'abord délié, il devient massif pour redevenir ensuite de nouveau délié mais plus complexe.

2 - Evolution morphologique :

Après avoir vu les changements constitutionnels du plexus brachial, il importe maintenant d'étudier les modifications de sa forme et d'essayer de les chiffrer.

Les transformations s'effectuant dans l'espace, nous serons obligés de considérer d'abord celles qui se produisent dans un plan : plan vertical passant par la direction moyenne du plexus; puis de voir ensuite comment ce plan varie par rapport au plan médian sagittal de l'embryon. D'où les divisions suivantes :

a) Dans le sens crânio-caudal :

Forme du plexus

Pour le plexus le plus primitif; il n'y a aucune difficulté à reconnaître que sa forme est quadrangulaire, et même rectangulaire à grand côté vertical.

Le plexus de 7,5 mm est un intermédiaire typique avec les formes qui suivent, il peut encore être considéré comme vaguement rectangulaire bien qu'une tendance vers la forme triangulaire se dessine.

Quand on parle, au point de vue anatomique, d'une forme comme celle du plexus, on peut considérer le seul point de vue subjectif ou bien encore on peut essayer de définir des limites plus ou moins artificielles qui serviront à délimiter des droites, des points d'intersection d'où naîtront des formes stylisées.

Pour étudier les dimensions du plexus, il sera nécessaire d'utiliser cette seconde méthode, mais pour le moment, je crois plus raisonnable de m'en tenir au seul point de vue subjectif, et de décrire le plexus comme passant successivement par des formes : rectangulaire, trapézoïdale et triangulaire . Telle est tout au moins l'impression que donne la suite des figures I7, I8, 22, 28, 3I, 34, 37 et 40, où le plexus se trouve en place, avec ses origines, son corps, et ses branches ...

Dimensions du plexus

Dans un but de simplification, il sera nécessaire ici contrairement aux considérations précédentes, de

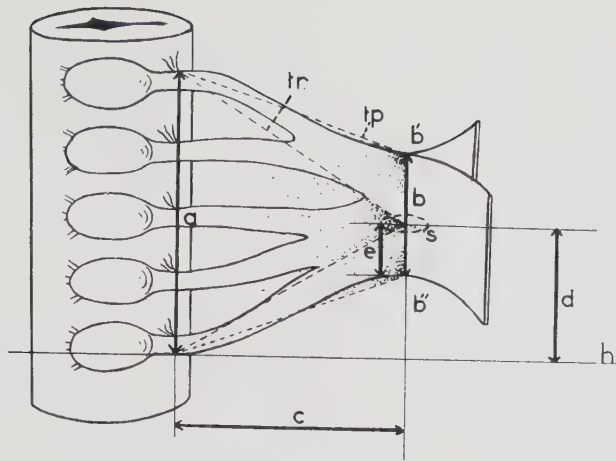


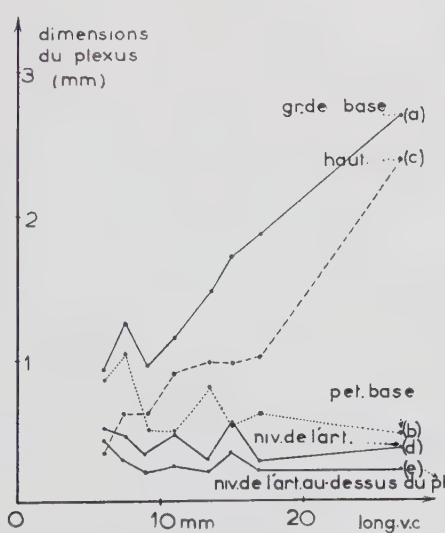
Figure 48

Plexus schématique destiné à montrer comment on a réduit celui-ci à un trapèze (tp) ou à un triangle (tr) afin de pouvoir mieux en étudier la croissance.

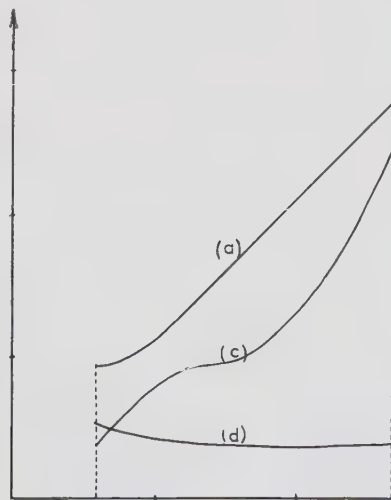
A l'origine des 2 lames de division se trouve en tirets la projection de l'œillet artériel (puisque le plexus est ici vu par le dehors).

- a. — Base du triangle et grande base du trapèze.
- b. — Petite base du trapèze avec ses extrémités : b' et b''.
- c. — Hauteur (triangle et trapèze).
- d. — Hauteur de l'œillet artériel au-dessus du niveau le plus bas du plexus (h).
- e. — Hauteur de l'œillet artériel au-dessus du niveau inférieur de la petite base.
- s. — Sommet du triangle.

Graphique 50



Graphique 51



Graphique 50. — Croissance absolue, des dimensions du plexus en fonction de la longueur de l'embryon.

Graphique 51. — Simplification des trajets représentant la croissance de la grande base (a), de la hauteur (c), et du niveau de perforation artérielle du plexus au-dessus de la partie la plus basse de celui-ci (d).

ramener tous les plexus à des formes simples afin de faciliter les comparaisons.

Le plexus sera ainsi délimité :

En dedans, par une ligne passant par l'origine des nerfs mixtes, c'est-à-dire l'endroit où les racines antérieure et postérieure viennent se rejoindre en un nerf nettement formé (voir fig.48).

En dehors, j'élimine toutes les branches collatérales et terminales pour ne conserver que le corps. En pratique comme il est difficile de déterminer avec précision l'endroit où les lames antérieure et postérieure commencent à devenir des nerfs, un point externe a été choisi : c'est l'endroit où l'artère du membre " sort" d'entre ces deux lames.

Ainsi que le montre la figure 48, on peut réduire chaque plexus à la fois en un triangle et en un trapèze.

Le triangle plexuel a pour base la grandeur " a" (fig.48), pour sommet : le point S où l'artère perfore le plexus, et pour hauteur : "c", distance transversale comprise entre la limite interne du plexus et la perforation artérielle.

Le trapèze plexuel a pour grande base, la base du triangle, pour petite base la valeur "b"; (étendue crânio-caudale du plexus à l'endroit où l'artère le perfore) et pour hauteur: la même que pour le triangle . b' et b" sont respectivement les extrémités supérieure et inférieure de la petite base.

La schématisation trapézoïdale a surtout un intérêt dans les stades les plus jeunes (6 et 7,5mm), tandis que la stylisation triangulaire devient intéressante surtout pour les plexus plus âgés (au delà de 7,5mm) car leur forme

tend à devenir de plus en plus rigoureusement triangulaire par amenuisement de l'épaisseur du tissu nerveux se trouvant au même niveau vertical de l'artère.

En plus des valeurs précédentes, j'ai jugé indispensable pour bien préciser la morphologie du corps plexuel, d'étudier la croissance de deux autres valeurs : (voir fig.48).

" d " - hauteur de l'oeillet artériel (S) au-dessus de l'horizontale (h) passant par le point le plus bas de la base du plexus brachial.

" e " - épaisseur de substance nerveuse située au dessous de l'oeillet artériel.

Ces deux valeurs permettent de préciser la position exacte du sommet du triangle, ainsi que celle des éléments de la petite base du trapèze.

Les cinq valeurs (a,b,c,d,et e) ainsi définies, j'ai placé dans le tableau 49, la croissance de chacune d'elles, en tenant compte du grossissement respectif de chaque plexus.

T A B L E A U - 49-

	6 mm	7,5	9	II	13,5	15	17	27
a								
Gde base	0,92mm	1,25	0,95	1,13	1,46	1,70	1,85	2,70
b								
Pte base	0,85	1,02	0,49	0,46	0,80	0,50	0,60	0,45
c								
hauteur	0,32	0,61	0,60	0,88	0,86	0,95	1,	2,40
d								
niveau de	0,50	0,44	0,32	0,47	0,26	0,55	0,25	0,35
l'artère:								
e								
ép.sous	0,42	0,29	0,20	0,24	0,20	0,35	0,25	0,20
l'artère:								

Dans un plexus on peut considérer l'une des cinq valeurs précédentes par rapport à chacune des 4 autres, et obtenir ainsi des renseignements de grandeurs relatives.

Ou encore, dans la série des plexus, on peut étudier la croissance absolue de chaque valeur prise isolément.

Les uns et les autres résultats sont également intéressants. Néanmoins, afin d'éviter de surcharger de chiffres ce travail, j'ai éliminé tous les indices qu'on pourrait créer, et les ai remplacés par la simple lecture de graphiques. Ceux-ci ont été établis à partir du tableau 49.

Résultats :

Chaque dimension du plexus fera l'objet d'une mention particulière.

La grande base du trapèze ("a") - croît selon une courbe simple qui se trouve être pratiquement la bissectrice des axes du graphique 50 et indique une croissance du type $y = ax$ et qui peut se traduire comme suit : - quand la taille v.c. de l'embryon augmente de 10 mm, la longueur de la grande base, ou étendue des origines étagées du plexus brachial, augmente de 1 mm; ceci dans les limites des tailles observées, et abstraction faite des anastomoses supérieures et inférieures du plexus. C'est cette propriété de la croissance absolue de la grande base, qui m'a incité à choisir celle-ci comme fondement de la croissance relative du plexus afin de mieux expliciter les variations de valeurs telles que c : hauteur du triangle et du trapèze (voir plus loin).

La petite base ("b") - diminue en valeur absolue (fig.50). Elle diminue aussi relativement à la grande base. En effet, sur la figure 52, on a réduit tous les plexus de manière à les faire coïncider par leur grande base

(a)

Figure 52

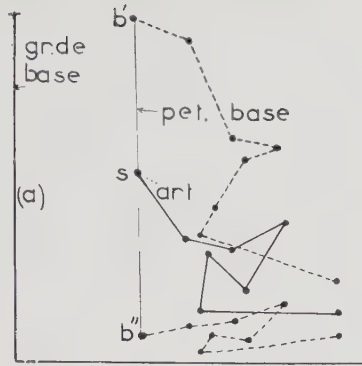


Figure 52 bis

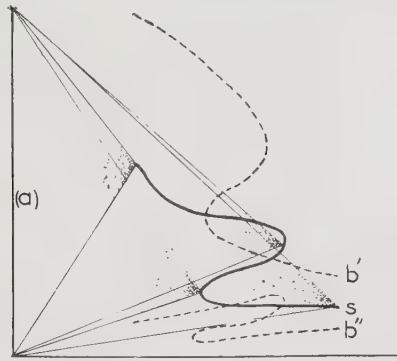


Figure 52. — La base (interne) du triangle étant réduite à une valeur commune (a), le graphique représente les évolutions des points : sommet du triangle (s) et extrémités : supérieure (b') et inférieure (b'') de la petite base : b du trapèze.

Figure 52 bis. — Simplification des trajets précédents. Quatre stades de l'évolution du triangle plexuel ont été représentés.

Cette figure et la précédente montrent l'évolution des divers éléments relativement à la grande base (a).

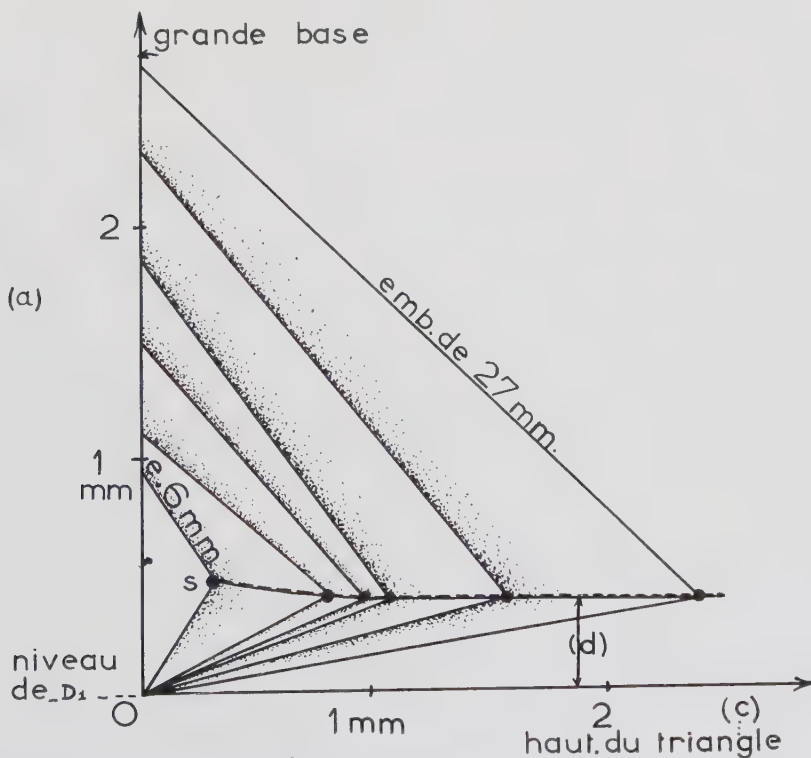


Figure 53

Evolution en valeur absolue (dans l'échelle indiquée par les axes), des éléments du triangle plexuel, en les faisant coïncider par la racine D I (origine des axes). Les courbes de la figure 51 permettent de « placer » des plexus d'embryons d'âge intermédiaire aux nôtres ; ce sont quelques-unes de ces « chi-mères » que l'on a figurées en 53. On voit le triangle s'effiler vers son sommet, puis augmenter par sa base, et enfin reprendre sa pointe. Ces résultats sont conformes à ceux des figures 52 et 52 bis.

Le point (S) où l'artère perfore le plexus, est à une hauteur (d) qui tend à devenir constante.

rendue commune. On observe alors les deux extrémités de la petite base (b' et b'') qui, par deux mouvements en S inversé, descendent en se rapprochant l'une de l'autre, d'où diminution de la petite base par rapport à la grande base du trapèze.

Sur la figure 52 bis, les trajets des extrémités b' et b'' sont tracés en tirets. Ces deux lignes sont simplifiées par rapport à celles de la figure 52, et d'une manière peut-être critiquable, mais avec nos 8 reconstructions il n'est guère possible d'avoir une meilleure approximation.

Hauteur du triangle et du trapèze ("c") -

En valeur absolue, celle-ci est figurée sur le graphique 50, et aussi sur le graphique 51 qui offre une simplification de la courbe, et auquel je fais les mêmes critiques que pour la figure 52 bis. Cette croissance absolue semble se faire en 3 étapes : d'abord, une augmentation rapide jusqu'au foetus de 11 mm, puis un palier de croissance moins rapide jusqu'à 17 mm, et enfin une reprise de vitesse jusqu'au 27 mm.

En valeur relative, ces fluctuations sont traduites sur les graphiques 52 et 52 bis, par des courbes en forme de .S. inversé décrites par les trois points : b', S et b'' qui se trouvent sur une même verticale pour un embryon donné. On assiste en quelque sorte à trois " mouvements de tiroir " de la petite base : dans le premier la hauteur croît plus vite que la grande base et le plexus s'étend distalement (c'est-à-dire dans le sens de l'influx moteur), puis l'inverse se produit d'où la seconde courbure du S; et enfin le mouvement se retourne de nouveau et le plexus s'étend encore une fois dans la direction du membre.

Les variations dans la forme du triangle plexuel peuvent être lues facilement sur les graphiques 52 et 52 bis

où l'on voit le sommet devenir aigu, puis moins aigu, et enfin reprendre sa pointe.

Niveau de perforation artérielle du plexus, au-dessus de la partie la plus basse de celui-ci ("d").

Le sommet du triangle n'aura cependant pas cessé, pendant tout ce temps, de s'abaisser en valeur absolue. Ceci est corrélatif à l'adescence du membre supérieur qui commence par être en position cervicale pour descendre ensuite à sa place définitive thoracique. Les figures 50 et 51 montrent que cet abaissement du sommet du triangle (perforation artérielle) diminue progressivement pour tendre vers une valeur limite.

En valeur relative par contre (fig.52 et 52 bis), on voit le sommet S du triangle s'abaisser considérablement (en suivant une courbe en S), donc la valeur " à " étudiée, diminue fortement.

La comparaison de ces deux évolutions : absolue et relative, permet de dire que, par rapport au bas du plexus, c'est-à-dire à la première dorsale et au niveau de perforation de l'artère, c'est le plexus qui s'élève "réellement" . - Le plexus semble ainsi s'élever par dessus la première côte en s'appuyant sur elle.

En se basant sur ce fait, il est possible, avec la figure 51, d'avoir en valeur absolue, une série de " chimères " représentant ce que doit être la croissance du plexus pour des stades intermédiaires aux nôtres. (voir fig.53).

Pour avoir une idée plus exacte encore de la forme du plexus, figuré en 53 comme un triangle, il suffit de le transformer en un trapèze de la manière suivante : en dessous du sommet du triangle, abaisser une longueur

égale à "e" (voir tableau 49), puis élever au-dessus de ce point une longueur égale à la petite base (b).

Epaisseur du tissu nerveux sous le sommet du triangle(" e ").

Elle est presque constante en valeur absolue, et diminue bien entendu en valeur relative.

Augmentation en surface du corps plexuel.

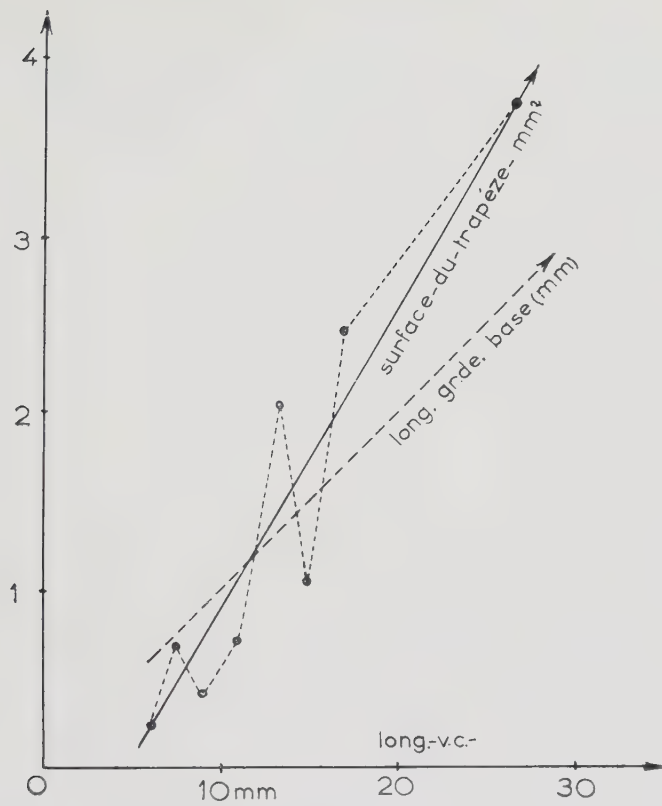
Il est facile, à partir des données précédentes de calculer les modalités d'augmentation de la surface du plexus considéré comme un trapèze. Il suffit de faire $S = \frac{(a + b) \cdot c}{2}$ et de reporter les résultats sur le graphique 54. ² La courbe générale obtenue, montre que la croissance en surface absolue, croit environ 1,6 fois plus vite que la longueur de la grande base " a ".

b) Dans le sens transversal

Le plexus considéré comme un triangle ou un trapèze, a vu ses transformations étudiées jusqu'à présent dans un seul plan vertical. En réalité, les déformations se déroulent dans l'espace, et il faut maintenant considérer les phénomènes dans le sens transversal.

Dans le stade initial (6 mm) le plexus primitif se trouve dans un plan presque parallèle au plan médian sagittal du corps, et ne fait avec lui qu'un angle de 8 degrés environ (fig.15).

Chez le plexus de 7,5 mm, l'angle est encore faible et n'a guère varié. Cependant, la partie distale dans sa portion moyenne, a déjà pivoté en dehors de plus



Graphique 54

Comparaison entre la croissance du plexus en surface, et celle de la grande base (en longueur).

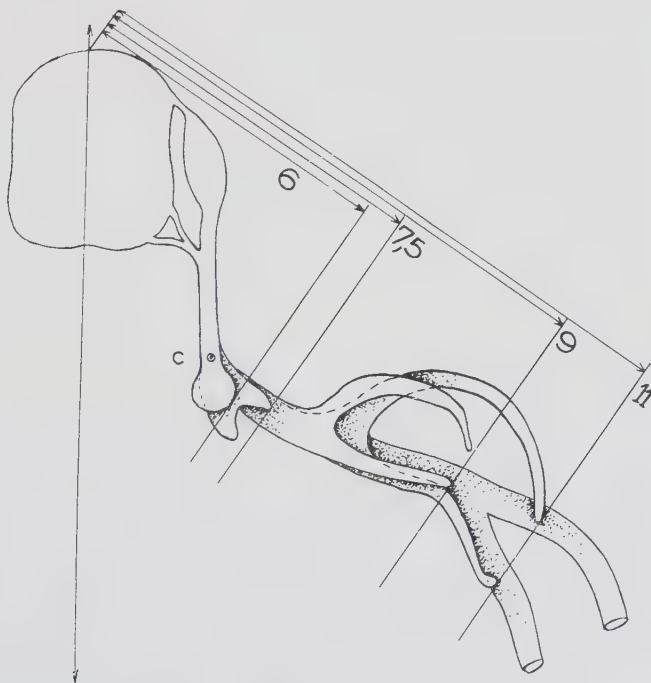


Figure 55

Evolution du plexus en largeur : forme et direction. --- (Schématique).
 Stades : 6 mm., 7,5 mm., 9 mm., 11 mm., et un stade ultérieur.
 C = point charnière.
 L'axe médian sagittal du corps a été indiqué.

de 20 degrés par rapport à l'ensemble du plexus.

Sur le 9 mm, un changement important s'est effectué, et le corps du plexus s'est porté en bloc vers le dehors, faisant avec l'axe du corps un angle de 65 degrés (fig.55). Il existe donc : non pas un angle, mais une courbure à concavité externe entre le corps du plexus et les nerfs mixtes qui lui donnent naissance.

Chez les embryons ultérieurs, le processus reste identique et l'angulation se maintient aux environs de ce qu'elle était au stade de 9 mm; (c'est ce qui a été figuré par Broman sur un stade de II,5 mm). Il y a donc une ouverture progressive de l'angle dièdre formé par les plexus droit et gauche.

Cette ouverture semble se faire à partir d'une charnière qui remonte vers l'origine des nerfs; en fait en valeur absolue, c'est le plexus qui se développe en avant du point charnière primitif. Il est situé au niveau de la colonne anastomotique du 6 mm, un peu en arrière d'elle.

L'ouverture des plexus brachiaux est en relation tout d'abord avec la pénétration des nerfs dans la palette qui représente alors le membre supérieur.

Puis, le point charnière étant fixé par les pourtours des trous de conjugaison des vertèbres qui s'organisent autour des racines, le corps du plexus est alors étiré latéralement par la formation de la ceinture scapulaire.

Ainsi, il ressort de cette étude, un fait qui pourrait passer pour probable et même évident à première vue, c'est l'étroite relation entre le développement et le déplacement de l'ébauche du membre supérieur d'une part, et les mouvements du plexus brachial embryonnaire d'autre part.

III - BRANCHES DU PLEXUS

L'étude de l'origine des nerfs collatéraux et terminaux du plexus brachial peut être faite d'après nos reconstitutions; mais s'il est facile de décrire avec assez d'exactitude les branches du plexus, leur origine, leur importance, leur direction, etc..., par contre il n'est pas toujours commode de mettre un nom sur ces dernières. C'est pourquoi, sauf pour les branches principales et faciles à déterminer, je renvoie pour les autres, le lecteur aux figures qui les représentent.

I- Branches collatérales

Elles n'apparaissent qu'à partir du stade 9 mm, et sont relativement nombreuses. Néanmoins, quatre groupes seulement sont susceptibles d'être suivis.

Les nerfs des pectoraux :

Ils s'étagent le long d'une ligne verticale et ont souvent un aspect chevelu. Sur le 9 mm, ils naissent d'une anse entourant une petite artère. (on n'a pu retrouver celle-ci dans les autres stades).

Sur le stade 27 mm, ils sont groupés en deux branches partant de chacun des troncs secondaires antérieurs.

Le nerf sus-scapulaire :

Apparu, et déjà très gros sur le 9 mm, il conserve une direction et une courbure assez constantes

dans les stades ultérieurs.

Il naît du tronc primaire supérieur, se coude et se dirige en arrière et en dehors.

Le nerf coracoïdien :

Ainsi appelé par Requena, il apparaît en même temps que le précédent. Il naît sur la même ligne verticale que les nerfs des pectoraux et au-dessus d'eux; digitiforme et assez volumineux, il prend la direction de la coracoïde, et son trajet est nettement ascendant.

Les nerfs du grand dentelé :

Présents dès 9 mm, ils sont étagés au niveau des origines du plexus, et en arrière d'elles, selon une ligne verticale qui tend ensuite à devenir oblique en bas et en dehors.

2 - Branches terminales

Le plexus de 6 mm possède un bourrelet qui épaissit un peu la colonne anastomotique au niveau de la 7ème paire cervicale; c'est là toute l'ébauche de l'ensemble des nerfs terminaux du plexus brachial.

Déjà sur le 7,5 mm, le triangle de substance nerveuse qui a " poussé ", s'est divisé en deux feuillets également triangulaires : Le feuillet antérieur est plus développé que le feuillet postérieur.

Il est vrai que le premier donnera naissance à trois nerfs principaux : médian, musculo-cutané et cubital, présents sous forme de bourrelets; tandis que le feuillet

postérieur n'en donnera que deux : le radial et le circonflexe. Ces derniers ne marquent encore aucune aspérité différenciable à ce stade.

Le feuillet antérieur prolonge la direction du plexus, tandis que le feuillet postérieur fait un certain angle avec le premier.

Sur le 9 mm, une forte évolution s'est déjà produite par rapport au précédent stade, et les deux feuillets sont en place. Le feuillet antérieur continue la direction du corps du plexus tandis que le feuillet postérieur commence par former avec le précédent un angle de 50 degrés pour ensuite redevenir parallèle au feuillet antérieur (voir fig.55).

Ces directions sont celles des nerfs terminaux déjà bien formés. Quelques particularités de ces derniers ont été indiquées à propos de la partie analytique. Je relève cependant deux points : le médian est contourné, tronculaire et se termine par plusieurs tubercules (voir fig.22), il n'a pas la forme aplatie qu'il acquerra plus tard. Le radial est incurvé et tend à refermer par le dehors la pince formée par la direction des deux feuillets (voir fig.24).

Le musculo-cutané n'a pas l'aspect effiloché que décrit Requena mais est bien tronculaire.

L'embryon de II mm dont le corps du plexus est assez analogue au précédent, possède des nerfs terminaux plus évolués et notamment le médian qui se dirige plus horizontalement et se termine en plaquette à la rencontre de laquelle s'avance l'extrémité du cubital (sans toutefois l'atteindre).

Sur cet embryon, la direction des feuillets a légèrement varié. Le feuillet antérieur voit cette fois la partie distale de ses nerfs se recourber vers le dedans de 40° environ (voir fig.30) tandis que le feuillet postérieur exagère sa courbure initiale.

Le 13,5 mm marque encore un autre stade, en ce sens que les feuillets primitifs perdent leur caractère de massivité relative, pour laisser place comme pour le corps du plexus, à une morphologie tronculaire. Ici, le médian encore lamellaire reçoit une anastomose du cubital.

Puis, dans les stades ultérieurs, l'organisation des nerfs se fait, progressivement vers la forme adulte, et dans le 17 mm on peut déjà voir le médian donner ses branches terminales classiques avec la non moins classique anastomose avec le cubital.

La figure 55 schématise l'évolution progressive dans le sens transversal, de la position des feuillets.

CH A P I T R E . III

APPLICATIONS à L' ADULTE

Après ce qui vient d'être dit dans les précédents chapitres, n'est-il pas possible de retirer quelques enseignements sur la morphologie du plexus brachial de l'adulte?

Des auteurs se sont penchés sur des questions de variabilité dans les origines du plexus; je ne m'arrêterai pas à ce problème qui ne peut guère bénéficier de ce travail.

Par contre, la systématisation du plexus, le groupement de ses troncs, me semblent beaucoup plus intéressants, et je propose au lecteur de revoir le problème à la manière des enseignements embryologiques des chapitres I et II.

I- RAPPEL HISTORIQUE

Avant de déposer des conclusions, il est utile de rappeler brièvement comment les auteurs, depuis un siècle environ, ont conçu le plexus brachial de l'adulte.

Il faut signaler tout d'abord que les difficultés qui se sont présentées aux anatomistes n'ont guère porté que sur les branches antérieures du plexus, puisque le tronc " secondaire postérieur " possède des fibres provenant de tous les nerfs mixtes à l'origine du plexus.

Ces fibres, d'après Rouvière, se distribuent de la façon suivante : C5 et C6 pour le nerf circonflexe et C6, C7, C8 et D1 pour le radial.

Les fluctuations dans la distance où les troncs postérieurs se séparaient des troncs antérieurs, ont contribué certainement à obscurcir le problème de la description, donc, de la systématisation des troncs antérieurs où siègent les difficultés maximum.

Je crois pouvoir grouper les descriptions sous deux rubriques:

A- Ceux qui ont décrit le plexus brachial comme deux X reliés par un Y.

A la suite de Cruveilhier (1852) de nombreux auteurs (1) ont stylisé de la sorte le plexus : deux X reliés par un Y.

(1) Henle, Lucas, Wahsh (1879) Beaunis et Bouchard (1867) Morel et Duval (1882) Testut(éd.1891), et Poirier (éd.1931).

Figure 56

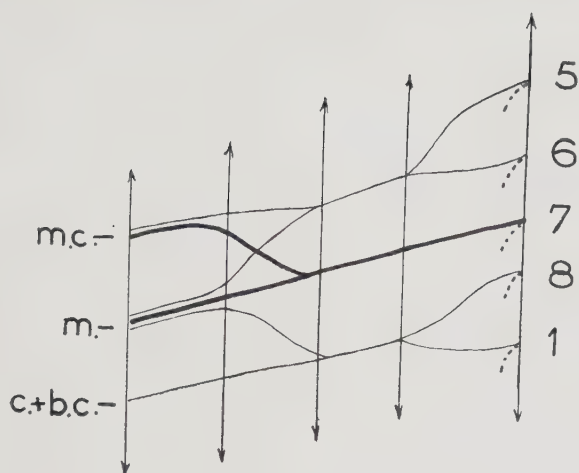


Schéma du plexus brachial, d'après SEBILEAU.

Représentation par 2 X (en traits fins), et un Y (en traits forts). Section du plexus en 4 tranches verticales.

Figure 57

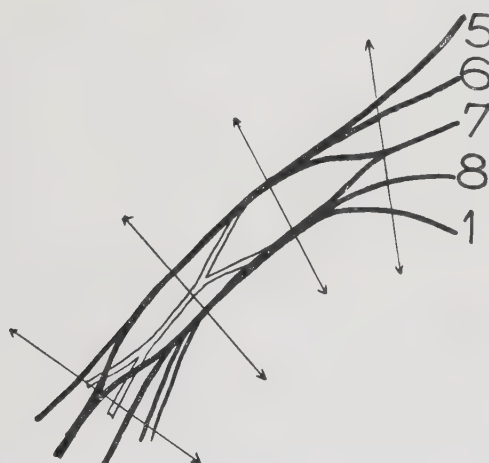
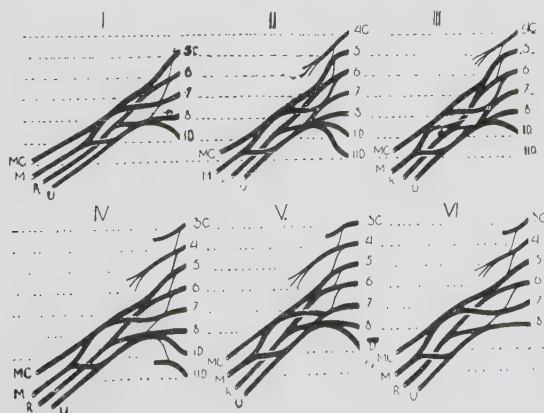


Schéma du plexus brachial, d'après SERRANO.

Ce plexus peut être morphologiquement rattaché à notre type 1, et figure 2 X reliés par un Y.

Figure 58



Les 6 types de plexus brachial, d'après JACHIMOWICZ.

Remarquer l'existence de deux sortes de plexus (d'après la destinée de C 7), répondant à nos deux types.

Cette description est une source de confusion ainsi que le fait remarquer Sebileau dans son magistral exposé sur le plexus brachial en 1892, et ceci parce que certains ont dû y voir une simple description morphologique, sans tenir compte de l'origine des fibres qui entrent dans la composition des troncs, tandis que d'autres, et Sebileau est de ceux-là, ne considèrent que les rapports des fibres qui composeront les nerfs terminaux du plexus.

La figure 56 schématise la façon dont Sebileau explique la manière dont les 2 X sont reliés à l'Y, et il entend nettement par là qu'il s'agit d'une disposition constitutionnelle et non pas " forcément " morphologique. Cet auteur indique par contre l'existence de deux troncs primaires et divise le plexus en tranches verticales. Ce procédé de systématisation a été utilisé par d'autres auteurs (Sappey en 1889, Cunningham en 1893 et Serrano en 1927). La figure donnée par ce dernier a été reproduite figure 57. Elle semble assez proche des résultats que j'ai obtenus. Il distingue successivement 5 origines, 2 troncs (primaires) 3 troncs (secondaires), y compris le tronc postérieur et enfin les 7 rameaux terminaux.

De cette notion d'X et d'Y, il faut retenir les éléments suivants :

1°) En admettant comme Sebileau, la participation de la 7° cervicale au nerf musculo-cutané, (participation non citée par Rouvière ni par Requena) on peut très bien admettre ce schéma au point de vue " constitutionnel " seulement.

2°) De plus, il est des cas où, même au point de vue " morphologique ", le schéma YXX reste vrai, et l'on verra par exemple que la figure 57 correspond à une variante de l'un des deux types de plexus qui seront proposés.

B- Ceux qui n'ont considéré, du point de vue morphologique seul, que le nombre de troncs primaires.

Certains ont décrit trois troncs primaires, d'autres deux.

1°) Trois troncs :

Parmi ceux qui ont décrit 3 troncs figurent Holden (1884) Macalister (1889) Vangenhuchten (1900) Lewis (1944), Hovelacque (1927) Testut (éd.1949) et Rouvière (éd.1948).

Les trois troncs primaires seraient les suivants : C5 + C6, C7, C8 + D1.

2°) Deux troncs :

D'autres auteurs n'ont décrit ou figuré que deux troncs primaires, et la septième cervicale était intégrée, soit dans le tronc primaire supérieur (1), soit dans le tronc primaire inférieur (2).

Enfin des études plus poussées ont été faites par Jachimowicz (1925) sur 218 sujets, et par mon Maître H. Billet (1933) sur plus de cent sujets. Leurs résultats s'avèrent des plus intéressants.

3°) Jachimowicz :

Bien que recherchant plutôt les variations d'origine du plexus, il donne une planche qui figure

(1) Villiger (1925), Gegenbaur (1869), Krause (1865), Rauber (1893), Fort (1902).

(2) Turner et Kaufman (1864).

6 types (voir fig.58) où il est facile d'analyser la morphologie des troncs primaires. On verra que les 6 types se divisent en deux catégories analogues à celles que je proposerai.

Les types : II, III, et V se rapprochent de notre type I; et C7 rejoint le tronc primaire inférieur.

Les types : I, IV et VI correspondent à notre type 2 où C7 rejoint le tronc primaire supérieur.

4°) H. Billet :

H. Billet centre son travail nettement sur les troncs primaires, et indique la plus grande fréquence des cas semblables à notre type I où C7 rejoint le tronc inférieur (3/5 des cas) par rapport à l'inverse (2/5) où le tronc primaire supérieur est formé des 3 racines cervicales : C5, C6 et C7 (notre type 2).

Chez l'adulte, le tronc supérieur (ou superficiel) offre une section ovale dont le grand axe est perpendiculaire à celui du tronc inférieur (ou profond).

La classique disposition en 3 troncs primaires n'existerait pas; car C7 rejoint l'un ou l'autre tronc, et les cas où il semble exister 3 troncs (10%) peuvent être classés dans l'un ou l'autre groupe.

Monsieur le Professeur Billet n'a pas suivi au delà les troncs primaires, de sorte qu'il n'a pu voir s'il existait un tronc intermédiaire comme on l'a décrit. Cependant, à ce sujet il écrit que les troncs secondaires " ne correspondent guère aux descriptions classiques!"

D'après cet auteur, l'erreur qui a été faite de considérer le 7ème nerf cervical comme constituant un tronc primaire, vient de la hâte intempestive de dissocier les éléments du plexus et de les isoler de leur gangue fibreuse. Et quand on procède prudemment, ... " on constate que toutes les racines du plexus forment, en s'unissant deux troncs nerveux "...

II- NOTRE CONCEPTION DU PLEXUS ADULTE

Après avoir d'une part étudié l'embryologie du plexus brachial, et d'autre part analysé les résultats d'auteurs ayant travaillé les plexus adultes, je crois pouvoir, (bien que n'ayant pas disséqué personnellement des séries de plexus adultes), proposer une conception adulte du plexus. Celle-ci serait en accord à la fois avec les faits embryologiques et les faits anatomiques.

A propos du plexus de 27 mm on a signalé qu'il n'en existait que deux types essentiels et précocement déterminés (6mm) par le rapport de l'artère du membre, qui passe le plus souvent au-dessus de la 7ème paire cervicale, parfois en dessous.

Revenons rapidement sur chacun d'eux.

TYPE I

Le type I le plus couramment observé au cours de ce travail, dans les stades embryonnaires, peut s'expliquer par le passage de fibres de C7 au-dessus de l'artère (fig.42), et qui formeront le tronc intermédiaire. Il est nécessaire d'admettre que, dans ce cas, une autre portion de fibres de C7 passe au dessous de l'artère, ce qui est évident sur le stade primitif de 6 mm où elles sont seules visibles en groupe compact. La formation du feuillet postérieur exigera pour sa part la participation de fibres de C7, de fibres supérieures et de fibres inférieures. Il faut donc admettre un partage en 3 groupes, des fibres de C7 (voir fig.42).

Plus tard, sous l'effet combiné de l'allongement, de la rotation externe du plexus, et de la différenciation des origines du tronc postérieur; le tronc intermédiaire se formera comme indiqué en 25. La figure 43 a, indique la schématisation d'un stade ultérieur de type I, avec la participation problématique de C7 au musculo-cutané (selon Sebilleau). Ceci étant supposé vrai, on pourrait alors admettre son schéma de 2 X et un Y au point de vue constitutionnel.

Si, maintenant, on suppose que, à partir du stade représenté figure 43 a, le clivage de C7 déjà existant dans l'ocillet artériel se poursuit vers l'origine des nerfs (par un simple phénomène de croissance différentielle), on obtient un aspect adulte représenté par Serrano (voir fig.57), et par Jachimowicz où le plexus répond cette fois, morphologiquement au type 2 X et I Y, ce dernier étant formé par la bifurcation de C7.

Le type I ainsi " évolué " est représenté assez bien figure 57; Sans admettre le type I comme constant, on est amené cependant à penser, comme l'a fait H. Billet qu'il est le plus courant, et c'est ce que l'on a pu observer sur nos embryons; le chiffre $3/5$ est certainement proche de la vérité.

TYPE II

Quant au type 2, j'ai expliqué sa formation par le passage précoc de l'artère, en dessous de C7, d'où absence de tronc intermédiaire.

Les fibres se rendant au feuillet postérieur sont identiques au cas précédent (fig.42), mais il n'existe que 2 catégories de fibres de C7, et non trois.

Ce type 2 auquel appartient notre 27 mm, est schématisé en 43 b. Il est le moins fréquent (2/5 selon Billet)

Cette conception du plexus adulte a l'avantage de concilier les aspects embryologiques que nous avons observés, et les aspects adultes même dans ce qu'ils ont de plus discordant apparemment; et il y a moyen d'accorder ainsi les vues des anciens auteurs, de Sebileau, de Rouvière, de Billet, de Jachimowicz, qui avaient certes tous fait de bonnes observations.

De plus, Harris, dans son étude d'anatomie comparée du plexus brachial, figure chez le Cebus et le Gorille, deux types différents de plexus répondant aux types I et 2, et l'on voit très bien sur les premiers l'anneau formé par C7.

En conclusion, il semble que la disposition du plexus en deux troncs primaires doive être retenue à cause de tous les arguments qui plaident en sa faveur et il est opportun de terminer par une citation de Monsieur le Professeur H. Billet, qui soulève des problèmes d'ordre théorique et d'ordre pratique.

..." Je suis très persuadé sans doute, qu'un très long temps s'écoulera avant qu'on ne lise dans les traités classiques d'anatomie que le plexus brachial ne comporte que deux troncs primaires, mais ceci n'est que très secondaire "... " L'essentiel est d'avoir établi que ces notions d'anatomie descriptive et topographique peuvent trouver d'intéressantes applications en neurologie; elles expliquent comment des lésions tronculaires du plexus brachial peuvent se traduire symptomatiquement par les mêmes signes que les lésions radiculaires: elles font comprendre pourquoi, en raison des rapports plus intimes du tronc superficiel avec la clavicule, ces lésions donneront plus souvent lieu à des paralysies du type supérieur : elles permettent enfin d'expliquer pourquoi ces paralysies se présentent suivant des modalités assez variées du fait que chacun des troncs primaires peut avoir une formation différente : tantôt deux, tantôt trois racines ..."

(- Association des Anatomistes 1933-)

C O N C L U S I O N S

L'étude qui précède a mis en évidence les faits suivants :

I- Le plexus brachial peut voir sa croissance divisée en 5 stades schématiques :

Il commence par être réduit à une seule chaîne (colonne anastomotique) dans laquelle se jettent les nerfs mixtes.

Puis la colonne devient oblique en haut et en avant, et donne naissance à une plaque triangulaire ("corps" du plexus) qui se divise en 2 feuillets : un feuillet antérieur et un feuillet postérieur. Entre eux passe l'artère du membre. C'est à ce stade précoce que se trouve fixé le type définitif du plexus, selon que l'artère passe au-dessus ou au dessous de C7; et, dans le premier cas, des fibres de C7 enjambent l'artère et se rendent dans le feuillet antérieur; ce sera l'origine du tronc intermédiaire.

Le stade suivant voit la transformation du corps du plexus en une plaque massive comportant des orifices ou oeillets. Les feuillets se différencient et donnent naissance aux branches terminales du plexus.

Puis, le plexus acquiert une constitution tronculaire, et enfin il perd son caractère de massivité et prend l'allure qu'il aura chez l'adulte. Le feuillet postérieur primitif s'est individualisé en branches tronculaires

qui semblent se séparer du plexus de façon de plus en plus interne.

2- Le plexus est d'abord rectangulaire, puis trapézoïdal (à petite base externe). Celle-ci s'amenuise ensuite et le plexus tend vers la forme triangulaire.

3- Les branches collatérales et terminales du plexus apparaissent entre les stades 7,5 et 9 mm, elles sont précocement semblables à celles de l'adulte.

4- Il est possible de conclure, à partir des données à la fois embryologiques et morphologiques adultes, que le plexus de celui-ci peut être ramené à deux types qui ne possèdent chacun que 2 troncs primaires: la 7^{ème} cervicale étant annexée par l'un ou l'autre tronc.

Le type I - (3/5 des cas d'après H. Billet) groupe C5 et C6 d'une part et C7, C8, DI d'autre part. C7 envoie un contingent (tronc intermédiaire) au tronc primaire supérieur qui devient tronc secondaire externe ou supérieur. Le tronc secondaire inférieur ou interne est constitué par le reste du tronc primaire inférieur, après le départ du tronc intermédiaire.

Un clivage de C7, donne l'aspect d'un Y renversé reliant XX. Ce type doit être annexé au type I et a été figuré par plusieurs auteurs.

Le type 2 - (2/5 des cas d'après H. Billet) voit C7 rejoindre le tronc primaire supérieur et constituer avec lui le tronc secondaire supérieur.

5- Des arguments tirés de la croissance du plexus permettent d'affirmer que le plexus brachial possède une attache et un repère important dans le premier nerf dorsal, et donc à la première côte.

B I B L I O G R A P H I E

- ADACHI (B.) - Das arttieriensystem der Japaner, Kyoto-1928.
- ADOLPHI (H.)- Ueber das Verhalten der zweiten brust nerven zum plexus brachialis beim Menschen. Anat. Anzeiger. Volume XV -- 1898.
- AGOSTINI (C.)- Sulla composizione del plesso brachiale e sulle origini dei sudirami terminali. Perugia vinzenzo. Santucci 1887.
- BARDEEN (C.R.)-The growth of cerebrospinal nerves in Mammals. Am. J. Of. Anat.2, 1903,p.231-257.
- BARDEEN -Wax plate reconstruction according to the method of Born as utilised in the Anatomical Laboratory of the Johns Hopkins.university J.H Bulletinn. April. May-June 1901.
- BARDEEN ET LEWIS - Development of the limbs, body wall and back in man. am. j. of. Anat. 1901-2 t.1 pp. 1-35.
- BEAUNIS (H.) & BOUCHARD (A.)- Nouveaux éléments d'anatomie descriptive . p. 635 - 1867.
- BELLOCCQ (P.)- Le membre sup. proprement dit. Fasc. 7 - 1942.
- BIELIK (P.) - Constituicao do plexus brachialis no Bradypus tridactylus. Arquivo de anatomia e antropologia. Instituto de anatomia de Lisboa - Vol.XVIII 1937 (et Rev. Biol. Hyg. vol.5, nº2, S. Paulo 1954)

- BILLET (H.) - Les branches de l'artère sous clavière :
scapulaire post. sc. sup., cerv. transv.
et leurs rapports avec les troncs primaires
du plexus brachial.
C.R. Ass. des Anat. 1934.
- BILLET (H.) - Les troncs primaires du plexus brachial
C.R. des Anat. Lisbonne 1933.
- BONNIOT (A.) - Anatomie du plexus lombaire chez l'Homme.
Arch. de Morph. gén. et expér. Fasc.12-1922
- BORN (C.) - Arch. mikr. Anat.22, 584, 599 (1883).
- BOURGIER & JACOB - Anatomie de l'Homme.
t. III. Pl. 56 - 1866-67).
- BRACHET (A.) - Traité d'embryologie des Vertébrés 1935.
- BROMAN (I.) - Anat. H. II,507-670 (1899).
- BROMAN . - Normal et anormal développement de l'Homme
p.721 (1911).
- CRUVEILHIER - Anatomie descriptive .
t.4 (1852).
- CUNNINGHAM (DJ.)-Manual of practical anatomy.
Vol. I (1893).
- DERSELBE - Zur geschichte des gehirns sowie der zen-
tralen und peripheren Nervenbahnen beim
menschlichen Embryo.
abh. math. phys. -Kl. sächsische akad.der.
Wiss. 1888 -Bd. XIV N7.
- DUJARIER (Ch.) - Anatomie des membres (1905)
- EISLER (P.) - Das Gefäß und periphere Nervensystem des
Gorilla.
(Halle 1890) pp.78
- ELZE (C.) - (plexus brachial et vaisseaux d'un embryon
humain de 9,5 mm)
Anat. Hepte. Bd.35, Taf. 17 bis (1907).
- ELZE (C.) - Beschreibung eines menschlichen Embryo
von ca 7 mm.
größter Länge usw. Anat. Hefte. Bd 35.
Heft 106 - S.411 (1907)

- FORT (J.A.) - Anatomie humaine et dissection (1902)
- .GEGENBAUR (C.) - (Traité d'anatomie humaine)
p. 1047 (1889).
- .GEGENBAUR (C.) - Uber das Verhältniss des. N.musculocutaneus
Zum N. Médianus. Jenaische Zeitschrift.
Bd. 3 (1867).
- GIROUD (A.) et LELIEVRE (A.)- Eléments d'embryologie.
Paris - Lefrançois éd. (1938).
- GOLOUBA (D.M.) - Questions morphologiques à propos du
système nerveux périphérique.
éd. A.N - Minck 1953 U.R.S.S. -(avec bi-
bliographie russe récente sur le problème).
- HAMILTON - Human embryology p.309.
- HARRIS (W.) - The true form of the brachial plexus and
its motor distribution .
J. of. anat. Phys. Vol. XXXXIII. (1903/4).
- HARRIS (W.) - The morphology of the brachial plexus
Oxford médical publications
London : Humphrey Milford (1939).
- HARRISON (R.G.)- Experiments in transplanting limbs and
their bearing on the problems of the deve-
lopment of nerves.
J. Exp. Zool. 4, 239, 281 (1907).
- HARRISON (R.G.) - On the origin and development of the ner-
vous system studied by the methods of
experimental embryology.
Boc. Roy. Soc. London (1935). B.II8,
155-196.
- HARRISON (R.G.)- Further experiments of the development
of peripheral nerves.
Am. J. Anat. 1906, 6, 121-131.
- HARRISON (R.G.) - Neuroblast nersus sheath cell in the
development of peripheral nerves.
J. Comp. Neur. 37, 123-205 (1924).
- HELD (H.) - Die Entwicklung des Nervengewebes bei den
wirbeltieren.
J.A. Barth, Leipzig IX. et 3 785 (1909).

- HENLE (J.) - Handbuch der Syst. Anat. des Menschen, 1871
Dritter Band, 2 te Abth. Nervenlehre p.473.
- HENLE (D.J.) - Nervenlehre des Menschen III; Band.Zweite.
Abtheilung p.523 (1879).
- HEPBURN - The comparative anatomy of Muscles and Nerves
of the Superior and inferior Extremities of
the Anthropoid Apes.
J. of. Anat. and Phys. Vol. XXVI pp.149-186
(1892).
- HERRICK (C.J.)- Morphogenetic factors in the differentia-
tion of the nervous system .
Physiol. Rev. 5, 112-130 (1925).
- HERRICK (C.J.)-The criteria of homology in the peripheral
nervous system.
Jour. comp. Neur. Vol. 19 pp.203-209 (1909).
- HERRINGHAM - The minute Anatomy of the Brachial Plexus,
Proc. Roy. Soc. 1886 n°249. Vol.Xli,
pp.423-441.
- HERTWIG Oscar - Traité d'embryologie p.540 (1900).
- HEWER (E.E) - The development of nerves endings in the
human foetus.
J. Anat. London 69, 369-379 (1935).
- HIS (W.) - Anatomie menschlichen embryonen
Leipzig 1880-1882.
- HIS (W.) - Ueber die Anfänge des peripherischen Nerven-
systems.
Arch. für anatomie und entwicklungsgeschichte
p.455 (1879).
- HIS (W.) - Zur geschichte des gehirns sowie der centralen
und peripherische Nervenbahnen. Beim
menschlichen embryo.
n° VII 1888.
- HJORTSJO (C.H.)-Orientation of section direction in embryo-
logical reconstruction work. Acta anatomica
Vol. 20, 297-317 n°4 (1954).
- HJORTSJO (C.H.)-Lunds Univ. Arsskr. N.F. Part. 2.40 n°3(1944)

- HOCHSTETTER (F.) - Entwicklungsgeschichte des Gefasssystems.
Ergebnisse der Anatomie.
Bd. I, S - 696 (1891).
- HOFER (W.) - Vergleichend anatomische studien über
die Nerven des Armes und der Hand bei
den Affen und dem Menschen.
Münchener medizinische Abhandlungen ,7
Reihe 3
- HOLDEN - Illustrated manual of anatomy (1884).
- HOVELACQUE (A.) - Anatomie des nerfs crâniens et rachidiens
et du grand sympathique.
p. 387 -(1927).
- JACHIMOWICZ (J.)- Badania nad zmiennoscia splotu barkowego
(plexus brachial). Disputationes Univer-
sitatis Varsoviensis 2 (1925).
- KAUFMANN - Die variet. d. plexus brachialis. Giessen
(1864).
- KEIBELL (F.) et MALL (F.P.)- Handbuch der entwicklungs-
geschichte des menschen zweiter band.
Leipzig (1911) pp.126 à 642 (Bibliogra-
phie).
- KEIBEL (F.) - Über einen menschlichen embryo von 6,8mm
größter lange (N.L.) verh. Anat. Ges.
Jena (1899)
- KERR (A.T.) - The brachial plexus of Nerves in man,
the variation in its formation and
branches.
Amer. J. of. Ant. Vol. XXIII (1918).
- KO.HIRASAWA - Ueber den plexus brachialis. I- Mittei-
lung die Wurzeln des plexus brachial-
Impressio separata ex actis Scholae Medi-
cinalis Universitatis imperialis Kiotoen-
sis Vol. XI (1928).
- KO. HIRASAWA - Utersuchungen über das peripheren Nerven-
system. Hept. Plexus brachialis um die
Nerven der oberen Extremität. Kyoto 1931.
- KOLLIKER (A.) - Embryologie de l'Homme et des animaux
supérieurs (1882).

- KOLLMANN JULIUS - Handatlas der entwicklungsgeschichte
des menschen. (1907) (Bibliographie).
T-I figure 334 (11 mm:B. et Lew).
" 335
T-I figure 339 (20 mm:B. et Lew).
T-2 figure 647 (6,9mm: His).
figure 648 (10,2 mm His).
- KRAUSE (W.) - Beitr zur Neurologie d. ob. Extremität.
Leipzig et Heidelberg (1865).
- LEWIS (W.H.) - Development of the arm. in man. Am.
J. of. Anat. 1901-1902 -I- pp.145-187.
- LEWIS GRAY'S - Anatomie p.948 (1944).
- LUCAS - On the Normal Arrangement of the Brachial
Plexus of nerves.
Guy's Hospital reports (1875) 3 rd.
Series. Vol. XX pp. 539-545.
- MACALISTER (A.) - Text Book of human anatomy (1889).
- MILLER (R.A) - Comparative studies upon the morphology
and distribution of the brachial plexus.
Am. J. Anat. Vol. 54, pp.143-175 (1934).
- MILLER (R.A.) et DETWILLER (S.R.)- Comparative studies upon
the origin and development of the brachial
plexus.
Anat. Records, 65 (1936).
- MOREL et DUVAL - Manuel de l'anatomiste p.831 (1883).
- MULLER (E.) - Beiträge zur morphologie des gefahsystems
I- die armarterien des menschen.
Anat. Hefte 1903 -
II-die armarterien der saugetiére. Anat.
Hefte. 1904.
- OLIVIER (G.) FENART (R.) CAPLIEZ (S.)- Le plexus brachial
et les nerfs du membre supérieur d'un
embryon de 9 mm.
Soc. An. de Paris 10-3 (1955).
- OLIVIER (G.) et TARNUS (J.L.)- Le plexus brachial et les
nerfs du membre supérieur d'un embryon de
13,5 mm.
Soc. An. de Paris 10 Mars 1955.

- OLIVIER (G.) et TARNUS (J.L.) - Le plexus brachial et les nerfs du membre supérieur d'un embryon de 17 mm.
Soc. An. de Paris 1^o Juillet 1954.
- OLIVIER (G.) et TARNUS (J.L.) - Le plexus brachial d'un autre embryon de 17 mm.
Soc. an. de Paris 4-12-1954.
- OLIVIER (G.) et TARNUS (J.L.) - Le membre supérieur d'un embryon de 12 mm (V.C.).
Bull. ass. des Anat. (1955).
- OLIVIER (G.) et FENART (R.) - Le membre supérieur d'un embryon de 6 mm.
Bull. ass. des Anat. (1955).
- OLIVIER (G.) et TARNUS (J.L.) - Le membre supérieur d'un embryon de 7,5 mm (V.C.)
Ass. des Anat. (1955).
- PATTERSON (A.) - On the fate of the muscle plate and the development of the spinal nerves and limb plexuses in birds and Mammals -
quart. J. microsc. Sc. I 880-28
- PATTERSON (A.) - The limb plexus of mammals .
J. of. anat. and. physiol. Vol. XXI
p.611-634 (1887)
- PATTERSON (A.) - On the spinal nerves system in mammalian.
graduation. Thesis univers.
Edinbourg (1886).
- PATTERSON - The position of the mammalian limb
regarded in the light of its innervation
and development.
J. of. anat. and. physiol. Vol. XXIII
p.283-299 (1889).
- PATTEN - Embryology of the pig, p.163 3^{ème} édition.
- PATTEN - Human embryology.
- PATURET (G.) - Traité d'anatomie humaine.
T.2 Masson (1951).
- POIRIER (P.) CHARPY (A.) NICOLAS (A.) - Traité d'anatomie humaine .
T.3 , f.3 (1931).

- POROT (A.) - Morphologie et constitution du plexus brachial chez les nouveau-nés.
Revue morphologique. Vol. X III (1905).
- PRENANT (A.) - Eléments d'embryologie de l'Homme et des Vertébrés.
T. 2 Organogénie (1896).
- RAUBER - Anatomie des Menschen. Vierte auflage
II -p.526 (1893).
- REIMERS (H.) - Der plexus brachial der Haussäugetiere.
Zeitschr. f. anat. u. Entwicklungsgeschichte Vol. LXXVI (1925).
- REQUENA GARCIA (R.) - Sobre el desarrollo vasculonervioso de la raiz del miembro superior.
Thesis del doctorado Valencia 1950 (II, suplemento de la revista : Archivo español de morfologia).
- RIBET (de) - Les nerfs rachidiens
Doin éd. (1955).
- ROUVIERE (H.)- Anatomie humaine descriptive et topographique.
6ème éd. T.2 (1948)..
- SANO - Anastomoses et plexus radiculaires. Belgique
médicale P. 257-262 ,(3 mars 1898)
- SAPPEY (PH.C.)- Traité d'anatomie descriptive
T.4, p.401 (1889).
- SAGEMEHL - Untersuchungen über die Entwicklung der Spinal Nerven Dorpat (1882).
- SEBILEAU (P.)- Démonstrations d'anatomie p.267 (1892).
- SEDYWICK MINOT- Lehrbuch des Entwicklungsgeschichte des Menschen (1894).
- SERRANO (J.A)- Nevrologia -P. 427 Arquivo de anatomia e antropologia institut anatomique de Lisbonne
Vol. XI (1927-1928).
- STREETER (GL.) The development of the cranial and spinal nerves in the occipital region in the human embryo .
A.J. of Anat. 1904 T.4 , 593.

- STREETER - The peripheral nervous system in the human embryo at the end of the first month (10 mm).
An. J. Anat (1908), 8, 285-301.
- TESTUT - Traité d'anatomie humaine (1949)
- TESTUT - Traité d'anatomie humaine T.2 (1891).
- TURNER - J. of. Anat. VI 100
- VANGHEUCTEN (A.)-Anatomie du système nerveux de l'Homme (1900).
- VIANNAY (C.) - Essai sur la systématisation des nerfs périphériques.
Thèse de Lyon (1902).
- VIEUSSENS (R.) - Neurographia universalis (M.DCC.XVI)
- VILLIGER (E.) - L'innervation périphérique p.170 (1925).
- WAITE (F.C.) - Variations in the brachial and lumbosacral plexus of Necturnus.
Bull. comp. Zool. Harward (1897).
- WALSH - The am. j. of the méd. Sc 1877, p.387.
- WOOD-JONES - On the relation of the limb Plexuses to the Ribs and Vertebral Column.
J.Of Anat. and Phys. 1910 Vol.Xliv,
pp.377-395.
-

VU LE PRESIDENT DE THESE

PROFESSEUR A. DELMAS

VU LE DOYEN DE LA FACULTE

PROFESSEUR L. BINET

VU ET PERMIS D'IMPRIMER.

LE RECTEUR

SARRAILH.

